
시설물편

제 1장	교량
제 2장	터널
제 3장	항만
제 4장	항만외곽시설
제 5장	댐
제 6장	건축물
제 7장	하구둑
제 8장	수문
제 9장	제방
제10장	배수펌프장
제11장	상수도
제12장	하수처리장
제13장	옹벽
제14장	절토사면
제15장	공동구
제16장	방음시설

제1장 교 량

1.1 관리일반

1.2 현장조사

1.3 재료시험 항목 및 수량

1.4 상태평가기준 및 방법

1.5 안전성평가기준 및 방법

1.6 종합평가기준 및 방법

1.7 보수·보강 방법

제1장 교량

1.1 관리일반

1.1.1 적용 범위

본 장은 「법」 제2조(정의)의 규정에서 정하고 있는 시설물 중 도로교량과 철도교량에 적용한다.

○ 제1종시설물

- 도로교량
 - 상부구조형식이 현수교 · 사장교 · 아치교 · 트러스교인 교량
 - 최대 경간장 50m 이상의 교량(한 경간 교량 제외)
 - 연장 500m 이상의 교량
 - 폭 12m 이상이고 연장 500m 이상인 복개구조물
- 철도교량
 - 고속철도 교량
 - 도시철도의 교량 및 고가교
 - 상부구조형식이 트러스교 및 아치교인 교량
 - 연장 500m 이상의 교량

○ 제2종시설물

- 도로교량
 - 경간장 50m 이상인 한 경간 교량
 - 제1종시설물에 해당하지 않는 교량으로서 연장 100m 이상의 교량
 - 제1종시설물에 해당하지 않는 복개구조물로서 폭 6m 이상이고 연장 100m 이상인 복개구조물
- 철도교량
 - 제1종시설물에 해당하지 않는 교량으로서 연장 100m 이상의 교량

○ 제3종시설물

- 교량
 - 준공 후 10년이 경과된 교량으로
 - 「도로법」 제10조에 따른 도로에 설치된 연장 20m 이상 100m 미만인 도로교량
 - 「도로법」 제10조에 따른 도로 외의 도로에 설치된 연장 20m 이상인 교량
 - 연장 100m 미만인 철도교량

- 육교
 - 설치된 지 10년 이상 경과된 보도육교

※ 본 장을 적용하는 복개구조물은 라멘형식으로 시공된 것으로서, 박스형식(개착식)의 복개구조물은 「제2장 터널」에 따라 안전점검등을 실시한다.

교량 및 복개구조물의 특성에 따라 본 장과 서식을 적절히 응용하여 안전점검 및 정밀안전진단을 실시하며, 본 장에서 제시되지 않은 사항은 다음의 법규나, 기준을 따른다.

- 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법, 시행령, 시행규칙
- 건설기준코드(구 콘크리트 구조기준)
- 건설기준코드(구 콘크리트 표준시방서)
- 건설기준코드(구 도로교 설계기준)
- 건설기준코드(구 철도설계기준(철도교편))
- 「산업표준화법」에 의한 한국산업규격(KS)
- 국토교통부 발행 각종 관련 건설기준코드(구 표준시방서 등)

한편, 본 장에서 기술된 내용과 다르더라도 널리 알려진 이론이나 시험에 의해 기술적으로 증명된 사항에 대해서는 발주자와 사전협의하여 적용할 수 있다.

1.1.2 용어 정의

- 교량(橋梁)
 - 도로 또는 철도가 계곡, 호수, 해안 등의 위를 건너거나 다른 도로, 철도, 수로, 가옥, 시가지 등의 위를 건너가는 경우에 이들 장애물의 상부로通行할 수 있도록 축조된 구조물을 말한다.
- 복개구조물(覆蓋構造物)
 - 지상부분의 공간 활용을 위하여 수로나 하천 위를 슬래브 등으로 덮은 구조물로서 폭 6m 이상의 구조물을 말한다.
 - 도로의 ‘복개구조물’이라 함은 하천 등을 복개하여 도로 용도로 사용하는 모든 구조물을 말한다.
- 특수교(特殊橋)
 - 교량 상부구조형식이 현수교, 사장교, 아치교, 트러스교인 교량을 말한다.
- 추락방지시설
 - 공중(公衆)이 이용하는 난간, 점검로 등의 이용자 안전을 확보하기 위한 시설을 말한다.
- 도로부 신축이음부
 - 도로교량, 도로터널의 차량이동 부위에 온도 등에 따라 늘어나거나 줄어들면서 생길 수 있는 변형 또는 균열을 방지하기 위한 장치(댐, 제방 등 시설물은 부대 시설에 포함된 도로교량에 한함)를 말한다.
- 환기구 등의 덮개
 - 시설물의 출입구, 환기와 같은 시설물 유지관리 목적으로 보행자 또는 차량이동 구간에 설치된 환기구, 맨홀 등의 덮개(지지구조, 철물, 연결재, 걸침턱 등)을 말한다.

1.1.3 안전점검 및 정밀안전진단 대상 시설

교량 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시범위에 대한 세부적인 대상시설은 [표 1.1]과 같다.

[표 1.1] 교량 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 대상시설 범위

구 분	부재명	점검 및 진단 실시범위			비 고
		정기안전점검	정밀안전점검	정밀안전진단	
◦ 상부구조	바닥판, 거더	○	○	○	
◦ 하부구조	교대 및 교각, 주탑, 기초	○	○	○	
◦ 받침	교량받침	○	○	○	
◦ 케이블	케이블, 정착구, 행어밴드, 새들	○	○	○	
◦ 2차부재	가로보 및 세로보	○		○	정기안전점검은 제3종시설물에 한함
◦ 기타부재	신축이음, 배수시설, 난간 및 연석, 교면포장	○	○	○	
공중이 이용하는 부위	◦ 추락방지시설	○	○	○	
	◦ 도로포장	○	○	○	
	◦ 도로부 신축이음부	○	○	○	
	◦ 환기구 등의 덮개	○	○	○	

1.1.4 중대한 결함 등의 정도

가. 중대한 결함의 적용 범위

교량 시설물의 구조안전에 중대한 영향을 미치는 것으로 인정되는 결함으로 대통령령으로 정하는 중대한 결함의 적용 범위는 다음과 같다.

시설물의 전반적인 상태 및 환경 여건에 따라 책임기술자가 조정할 수 있으나, [표 1.21] 기초 상태평가기준에 따른 지반의 안정성 항목에서 “d” 이하로 1) 시설물의 기초세굴에 해당하는 경우, [표 1.19], [표 1.20]에 따라 기초의 부등침하로 인한 교각, 교대 안전성 저하 및 기울음이 발생하여 균열·변위 항목이 “d” 이하로 2) 교량 교각의 부등침하, 9) 교대·교각의 균열 발생에 해당하는 중대한 결함은 조정이 불가하다.

1) 시설물의 기초세굴

○ [표 1.21] 기초 안전성(세굴 등)에 대한 상태평가기준이 “d” 이하의 경우

2) 교량 교각의 부등침하

○ [표 1.20] 교각 균열, 변위의 상태평가기준이 “d” 이하의 경우

3) 교량 받침의 파손

○ [표 1.22] 교량받침의 상태평가기준이 “d” 이하의 경우

4) 시설물의 철근콘크리트의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실

○ [표 1.28] 탄산화 잔여 깊이 또는 [표 1.29] 전염화물 이온량 등에 대한 상태평가기준이 “d” 판정으로 [표 1.11] 철근콘크리트 바닥판, [표 1.14] 철근콘크리트 거더, [표 1.15] 프리스트레스 콘크리트 거더, [표 1.19] 교대 및 [표 1.20] 교각 등에서 철근(강선)부식과 관련하여 상태평가기준이 “e”를 포함하는 경우

○ [표 1.28] 탄산화 잔여 깊이 또는 [표 1.29] 전염화물 이온량 등에 대한 상태평가기준이 “e” 판정인 경우

5) 주요 구조부위의 철근량 부족

○ 구조 안전성 검토 결과 철근량 부족으로 내력 보강이 필요한 경우로 철근콘크리트 바닥판, 거더 및 교각 코핑부 등이 해당

6) 콘크리트 부재의 균열 심화

○ [표 1.11], [표 1.13], [표 1.14], [표 1.15], [표 1.16], [표 1.19], [표 1.20]에서 부재의 균열 상태평가기준이 “d” 이하의 경우

7) 철근콘크리트 부재의 심한 재료분리

○ [표 1.11], [표 1.13], [표 1.14], [표 1.15], [표 1.19], [표 1.20]에서 열화 및 손상의 상태평가기준이 “d” 이하의 경우

8) 철강재 용접부의 불량 용접

○ [표 1.12], [표 1.18]의 강재 용접연결부 결함의 상태평가기준이 “d” 이하의 경우

9) 교대·교각의 균열 발생

○ [표 1.19], [표 1.20]에서 균열·변위의 상태평가기준이 “d” 이하의 경우

10) 강재 거더 및 연결판의 균열 및 심한 변형

○ [표 1.12]에서 모재 및 연결부 손상의 상태평가기준이 “d” 이하의 경우

11) 케이블 부재의 손상

○ [표 1.18]에서 케이블 부재의 상태평가기준이 “d” 이하의 경우

12) 프리스트레스 콘크리트 부재의 손상

○ [표 1.15]에서 긴장재의 상태평가기준이 “d” 이하의 경우

나. 공중이 이용하는 부위의 적용 범위

교량 시설물의 공중의 안전에 영향을 미치는 것으로 인정되는 결함으로 대통령령으로 정하는 공중이 이용하는 부위의 적용 범위는 다음과 같다.

다만, 시설물의 전반적인 상태 및 환경 여건에 따라 책임기술자가 조정할 수 있다.

1) 추락방지시설

○ 추락방지시설에 대한 평가기준이 “d” 이하인 경우

2) 도로포장

○ 도로포장에 대한 평가기준이 “d” 이하인 경우

3) 도로부 신축이음부

○ 도로부 신축이음부에 대한 평가기준이 “d” 이하인 경우

4) 환기구 등의 덮개

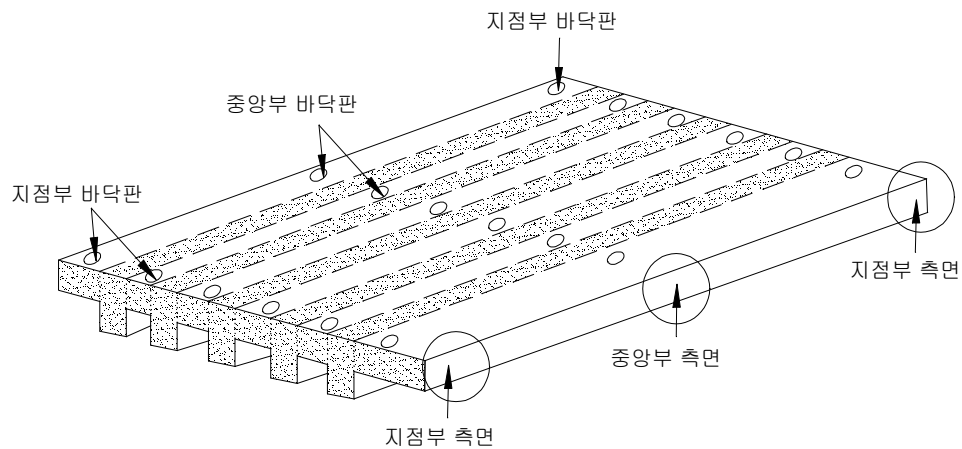
○ 환기구 등의 덮개에 대한 평가기준이 “d” 이하인 경우

1.2 현장조사

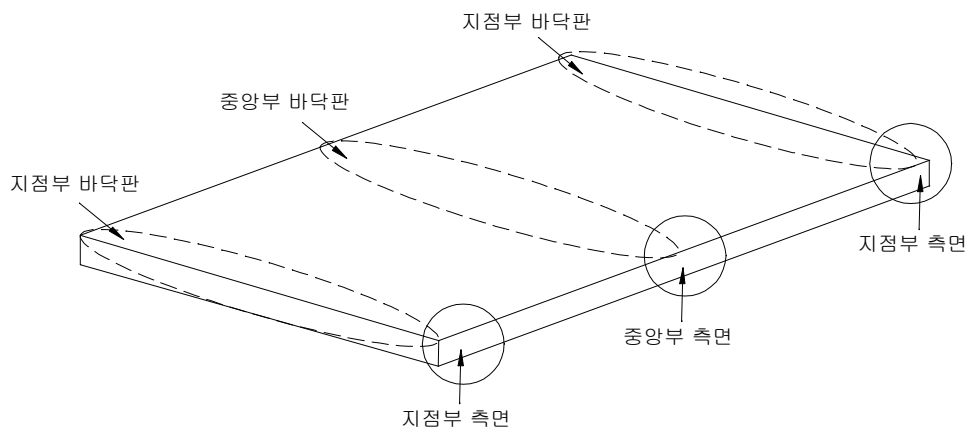
1.2.1 시설물의 점검사항

가. 콘크리트 바닥판

점 검 부 위		손 상 종 류
▷ 공통		○ 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출 ○ 재료분리(공동, 공극) ○ 누수 및 백태(유리석회)
▷ 거더교		○ 균열, 망상균열
▷ 바닥판, 라멘상부	- 받침부(단부)	○ 부스러짐 ○ 사인장균열
	- 중앙부	○ 휨균열



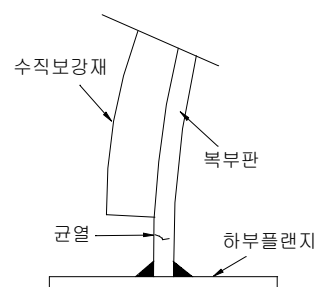
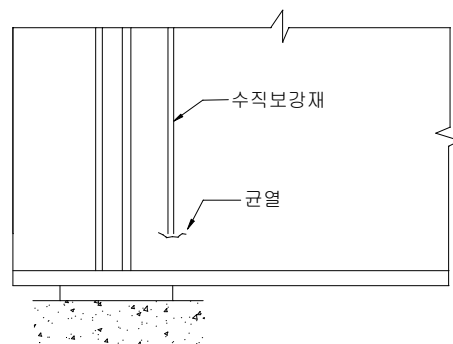
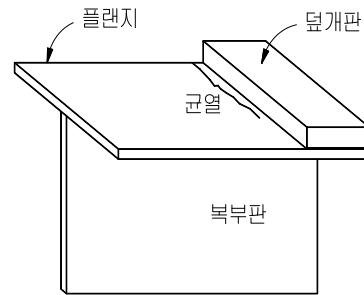
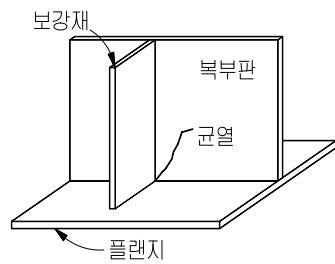
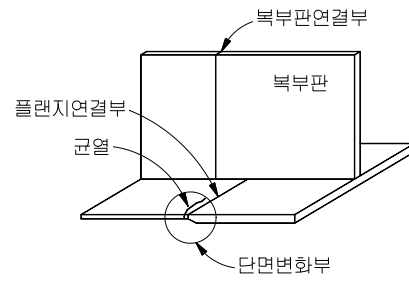
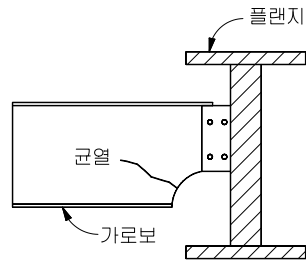
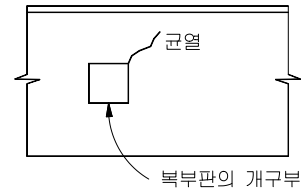
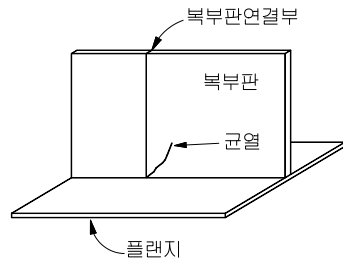
< 거더가 있는 경우의 바닥판점검부위 >



< 거더가 없는 경우의 바닥판 점검부위 >

나. 강 바닥판, 강 거더 및 강 교각(강 주탑)

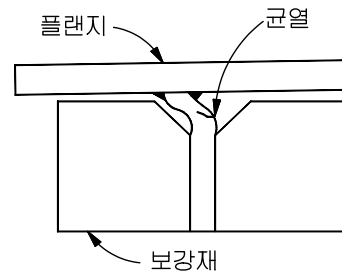
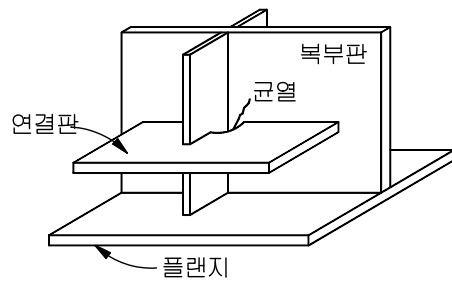
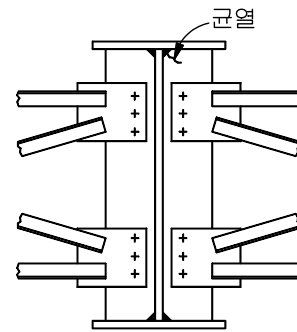
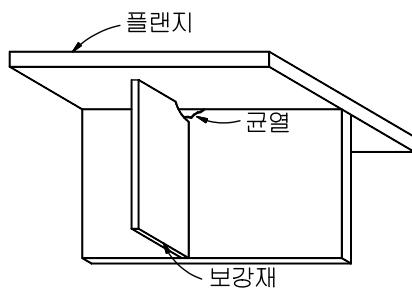
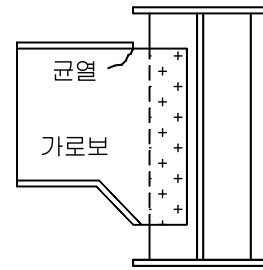
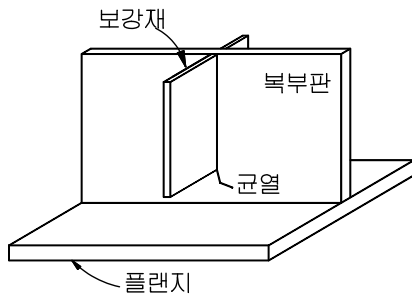
점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	○도장 손상 및 부식 ○현장이음부 볼트손상, 누수 ○신축이음 하면, 배수구 주변, 난간하면 누수, 부식 ○이상음 발생
▷피로강도등급 낮은 용접상세부(D, E급)	○ 피로균열
▷받침부	○복부판 부식 및 국부좌굴 ○거더와 받침연결부 부식 ○게르버교의 경우 편 연결부 부식 ○지점보강재 하단 용접부 균열 ○박스내부 출입구 방치 ○박스내부 바닥 물고임 및 부식
▷중앙부	○부식 ○플랜지 변형 및 처짐 ○맞대기 용접부, 덮개판 덧댐부 끝부분 균열
▷주탑	○주탑하단부 연결볼트 부식 및 파단
▷보수부위	○용접부 및 용접부 주변 균열
▷부재연결판	○트러스교, 아치교의 현재, 사재, 수직재 연결판의 부식, 균열 및 변형 ○사장교, 현수교의 케이블 정착부 연결판의 부식, 균열 및 변형



(a)

(b)

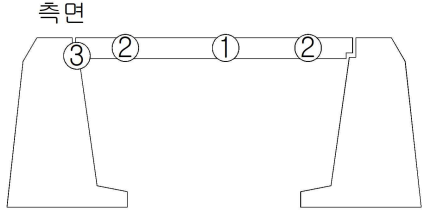
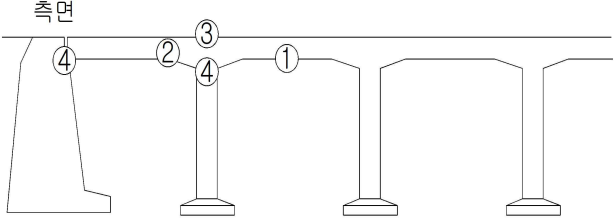
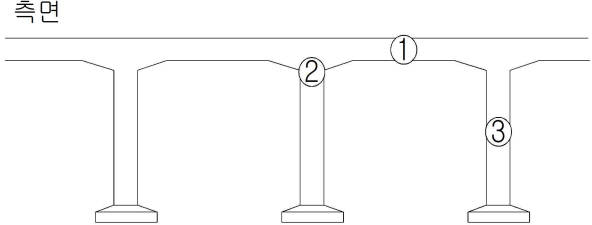
< 피로균열이 발생하기 쉬운 구조상세 >

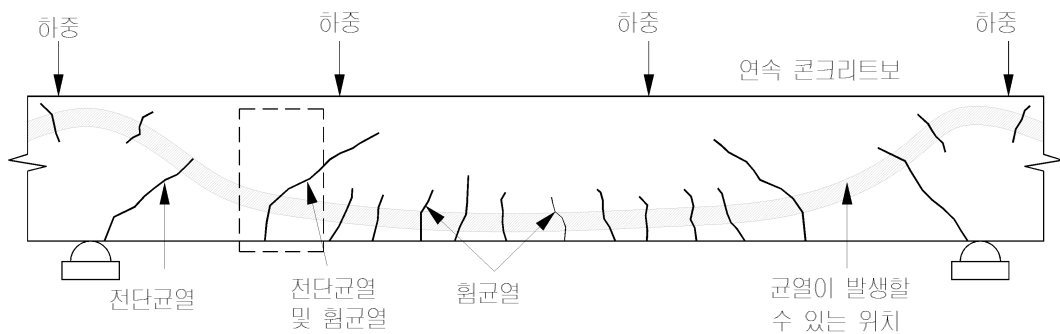


< 피로균열이 발생하기 쉬운 구조상세 >

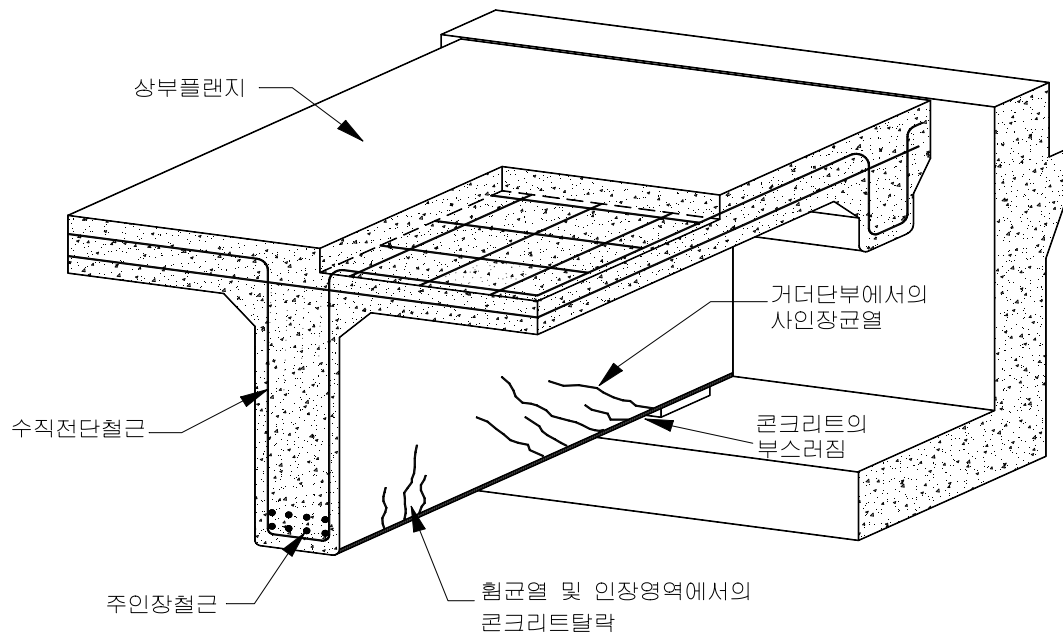
다. 철근콘크리트 거더

점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	○박리, 박락, 층분리, 파손, 철근노출, 백태(유리석회)
▷받침부	○부스러짐 ○복부 사인장 균열
▷중양부	○횡방향 균열

구조형식	점 검 부 위	비 고
단순보		① 지간중양부 ② 지간 1/4부 ③ 받침부
연속보 게르버보		① 지간중양부 ② 변곡점부(약 L/4) ③ 교각상부 ④ 받침부
라멘보		① 지간중양부 ② 우각부 ③ 교각부



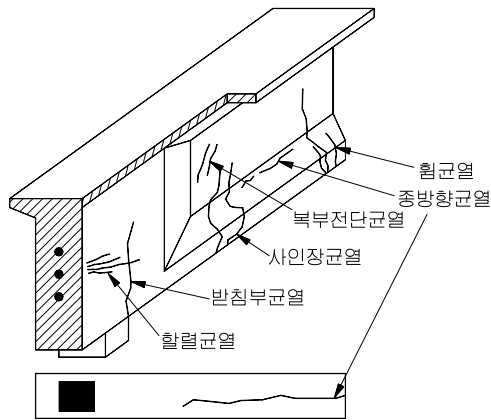
< 콘크리트 거더에 발생하는 균열의 유형과 위치 >



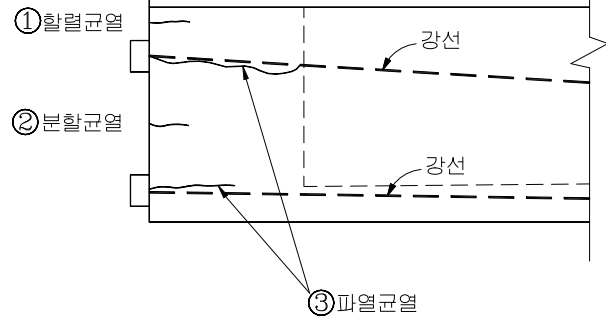
< 철근콘크리트 거더의 점검부위 >

라. 프리스트레스 콘크리트 거더

점 검 부 위			손 상 종 류
▷ 공통			○ 박리, 박락(파손), 철근노출, 백태
▷ 받침부			○ 부스러짐 ○ 복부 사인장균열 ○ 연속교 상단 휨균열 ○ 격벽 개구부 모서리 균열
▷ 중앙부			○ 휨균열, 거더처짐 ○ 쉬스관 노출 및 파손 ○ 박스내부 플랜지 및 복부의 강선방향 균열 ○ 시공이음부 균열 및 누수
▷ 강선정착부			○ 정착부 균열 및 파손
▷ 강선부위	강연선		○ 녹, 부식, 파단
	보호관	공통	○ 파손, 충전결함(공극), 선형(뒤틀림 등)
		PE관	○ 접합불량, 변형
		강관	○ 녹, 부식, 변형



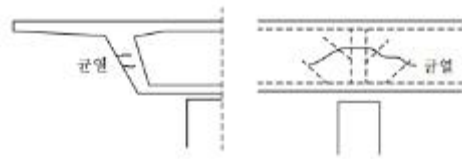
< PSC I빔의 점검부위 >



< 정착구역의 국부균열 >



< PSC 박스거더의 균열 >



< PSC 박스거더의 균열 >

마. 콘크리트 가로보

점검부위	손상종류
▷ 공통	○ 박리, 박락, 층분리, 파손, 철근노출, 백태(유리석회)
▷ 철근콘크리트 가로보	○ 박락(파손), 철근노출 ○ 경사균열(거더의 상대처짐 의심)
▷ 프리스트레스트 콘크리트 가로보	○ 쉬스관 노출 및 파손 ○ 정착부 균열 및 파손

바. 강 가로보와 세로보

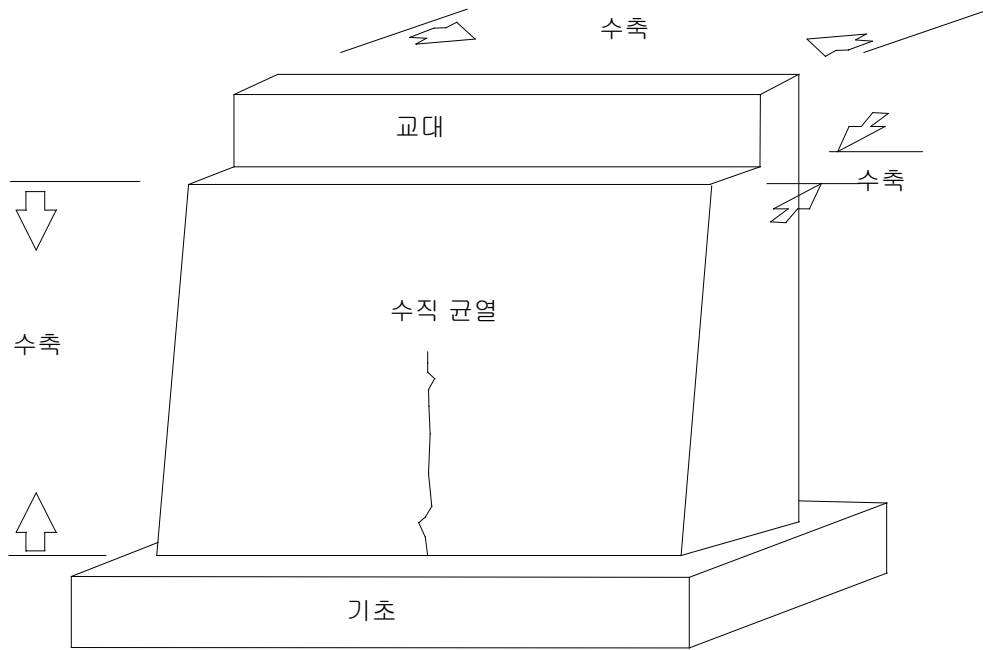
점검부위	손상종류
▷ 공통	○ 도장 손상 및 부식 ○ 현장이음부 볼트손상, 누수 ○ 이상음 발생
▷ 피로강도등급 낮은 용접상세부 (D, E급)	○ 피로균열
▷ 2차부재	○ 가로보, 세로보, 브라켓 및 브레이싱 변형 ○ 하중집중점, 가로보와 세로부 교차부 균열 ○ 거세트판 용접부 끝부분 균열
▷ 보수부위	○ 용접부 및 용접부 주변 균열

사. 케이블

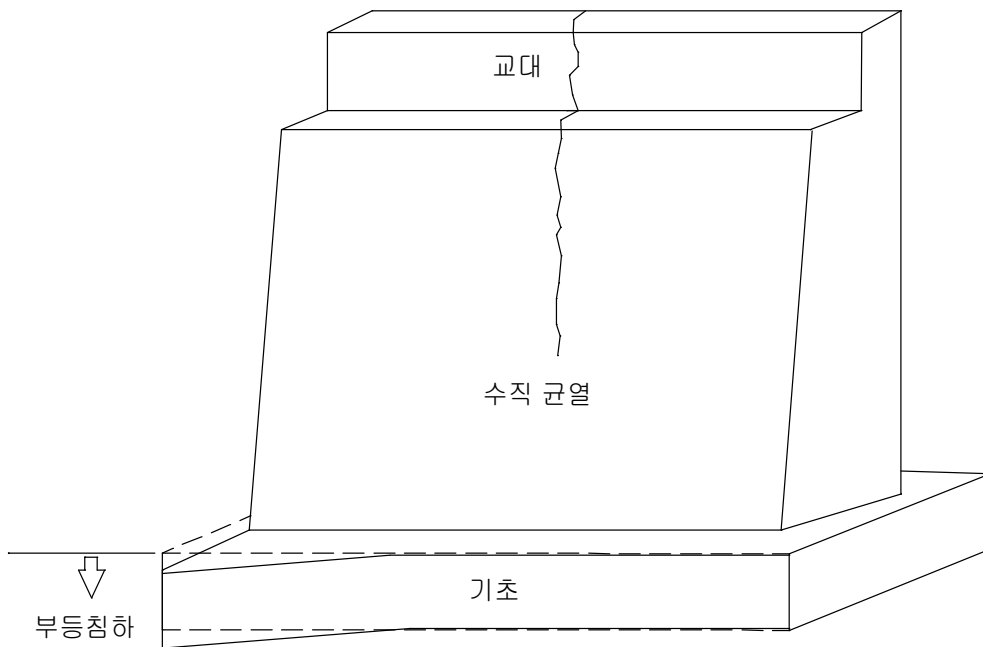
점 검 부 위	손 상 종 류
▷케이블 부재	○도장 손상 및 부식 ○부식으로 인한 케이블 단면 손상 ○케이블 변형 및 꺾임 ○외부 및 내부 소선 단선
▷보호관	○보호관의 파손
▷정착구	○강재 정착구의 도장 손상 및 부식 ○콘크리트 정착구의 파손, 누수 및 체수 ○정착구 댐퍼 파손
▷행어밴드, 새들	○도장 열화 및 부식 ○고정볼트 이완, 탈락 ○변형 및 파손

아. 교대

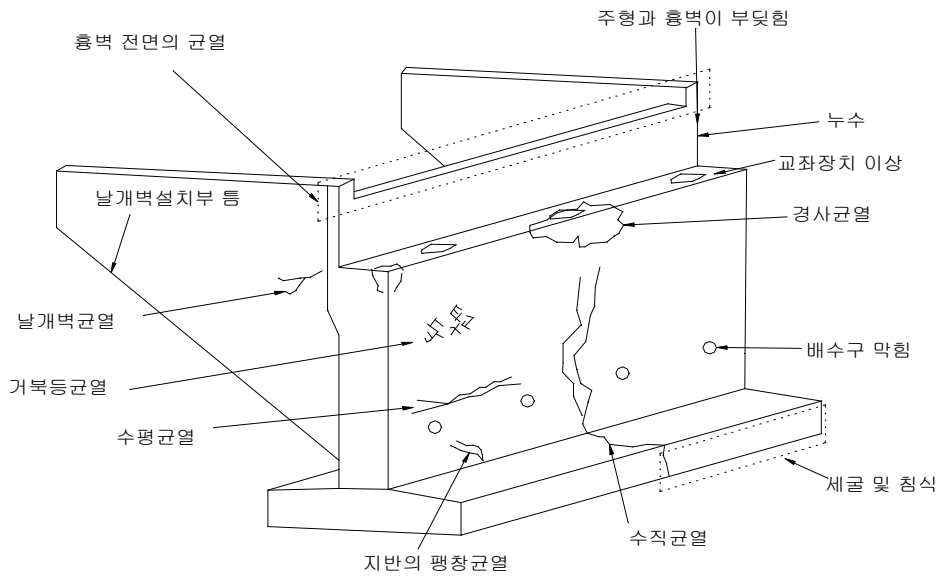
점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	○교대 기울음 및 전도 ○균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태(유리석회)
▷두부(Coping)	○두부 물고임 ○받침부 균열 및 파손 ○두부와 홍벽 경계부 균열 ○거더와 홍벽 신축유간 부족
▷벽체	○수직균열 및 침하 ○구체와 날개벽 분리 ○구체부 배수구 막힘 ○수면접촉부 침식 ○앞성토부 유실 및 붕괴
▷날개벽(옹벽 포함)	○날개벽 이동, 전도 ○석축이 있는 경우 사면붕괴 ○뒤채움부 배면토 및 뒤채움재 유출



< 온도응력, 건조수축에 의한 교대의 수직균열 >



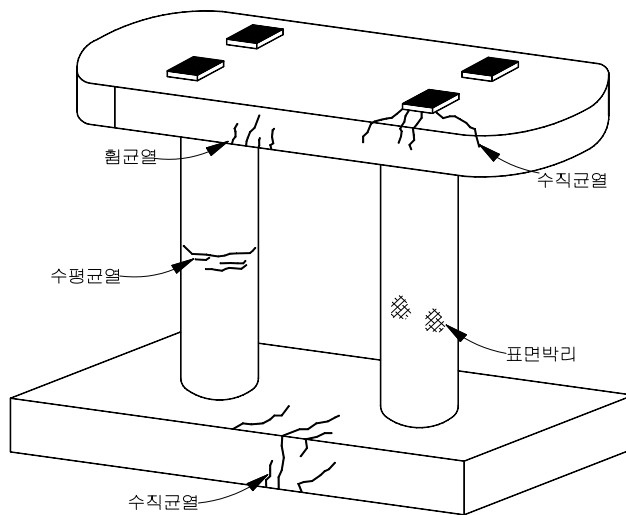
< 부등침하로 인한 교대의 수직균열 >



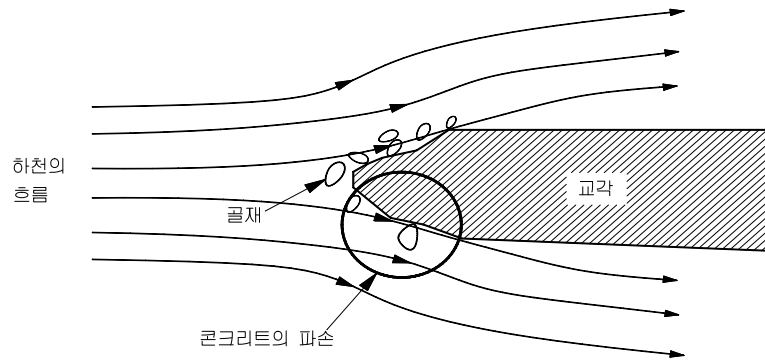
< 교대의 점검부위 >

자. 콘크리트 교각

점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 공통	○ 교각 기울음 및 전도 ○ 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태(유리석회)
▷ 두부(Coping)	○ 두부 물고임 ○ 받침부 하부 균열 및 파손
▷ 벽체	○ 시공이음부 균열 ○ 이동 또는 기울음 ○ 수면접촉부 침식



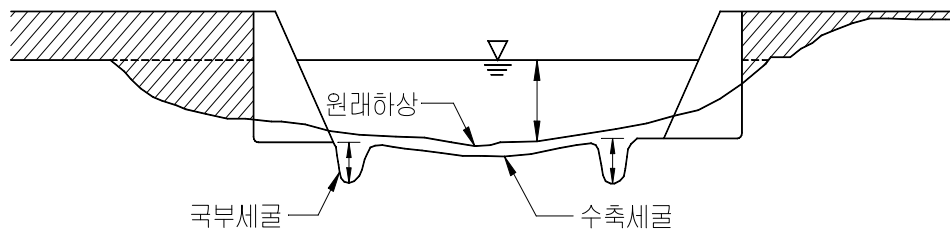
< 콘크리트 교각의 점검부위 >



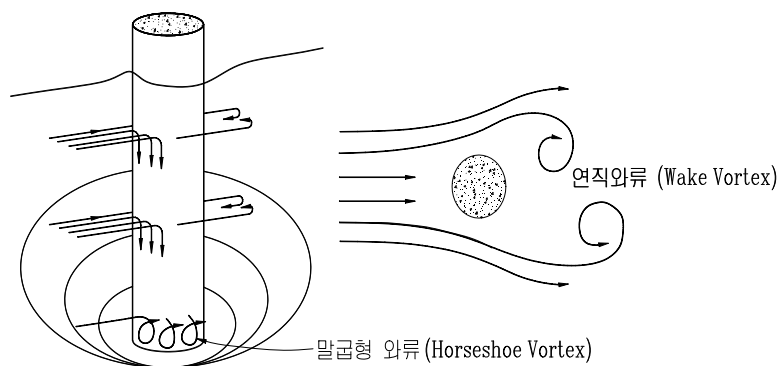
< 유수에 의한 콘크리트 교각의 침식 >

차. 기초

점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 공통	○ 박리, 박락, 철근노출, 백태 ○ 침식, 세굴, 측방유동, 침하 ○ 하부구조물 기울음 및 전도
▷ 직접기초	○ 콘크리트 균열 및 파손
▷ 말뚝기초	○ 말뚝 노출 및 침식
▷ 케이슨기초	○ 케이슨 노출 및 침식 ○ 충돌파손



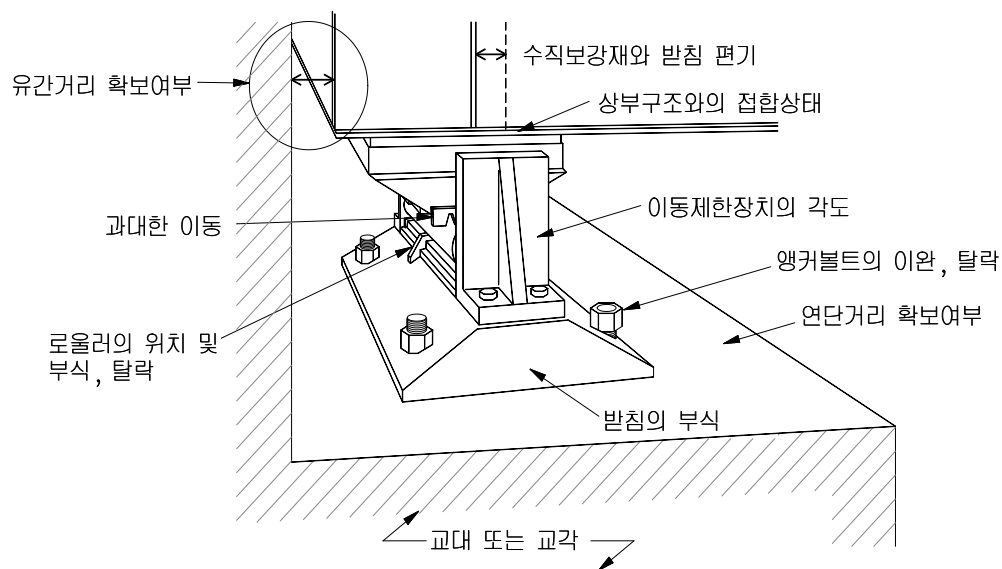
< 수축세굴과 국부세굴 >



< 원형기초의 국부세굴 >

카. 교량받침

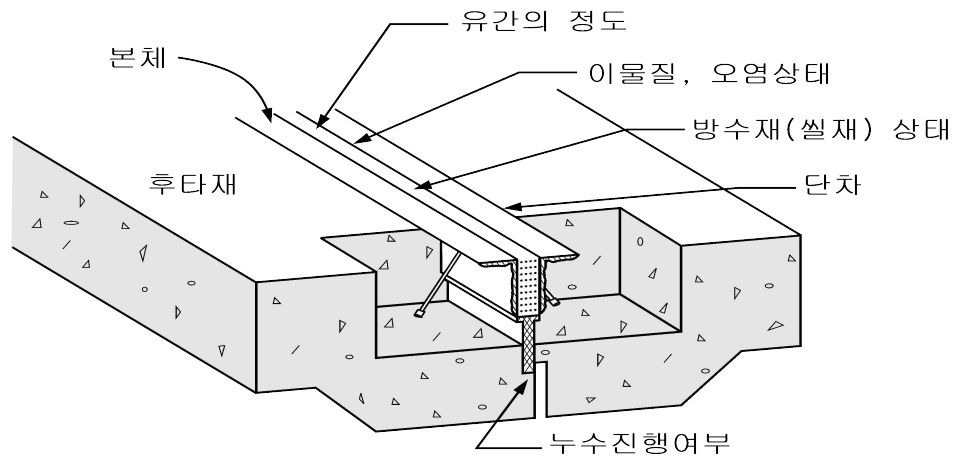
점 검 부 위		손 상 종 류
▷ 본체	- 공통	○ 가동받침의 이동량 부족 ○ 가동받침 전·후방의 가동장애 요소 ○ 받침(슬플레이트 포함)과 거더의 밀착상태 ○ 수직보강재와 받침 편기상태 ○ 받침 물고임 및 부식 ○ 앵커볼트 파손, 절단
	- 강재받침	○ 가동면 부식 ○ 부속물 파손(부상방지장치 및 이동제한장치)
	- 탄성받침	○ 부풀음 및 갈라짐 ○ 고무판의 과도한 변형
▷ 받침콘크리트		○ 콘크리트 파손, 하부공동 및 침하 ○ 교각두부 균열



< 교량받침 점검부위 >

타. 신축이음

점 검 부 위		손 상 종 류
▷ 본체	- 공통	○ 충격음, 본체유동 및 파손 ○ 누수 ○ 유간부족 및 유간과다 ○ 유간 오물퇴적
	- 고무재	○ 고무판 마모, 강판노출 및 부식
	- 강재	○ 강재 연결부 이완 및 파손
▷ 후타재		○ 단차(본체, 교면포장, 접속슬래브) ○ 균열 및 파손



< 신축이음 점검부위 >

파. 교면포장

점 검 부 위		손 상 종 류
▷ 공통	▷ 아스팔트	○ 균열, 함몰, 단차 및 요철, 블리딩, 마모
	▷ 콘크리트	○ 균열, 마모, 박리, 파손
▷ 신축이음 전후, 구조물 경계부		○ 단차, 파손
▷ 곡선부, 중차량 통행차로		○ 마모, 바퀴자국
▷ 배수구 주변		○ 물고임

하. 배수시설

점 검 부 위	손 상 종 류
▷배수구(유입구) - 뚜껑(그레이팅)	○뚜껑파손 및 주변파손, 누락 ○오물퇴적, 막힘 ○배수구의 설치높이가 높음 ○배수구 설치위치 불량 ○배수구 설치간격 넓음
▷배수관	○관의 연결부 어긋남, 파손 ○이물질에 의한 막힘 ○지지철물의 이완 및 파손 ○배수관 길이 부족(짧음) ○유출구 위치 부적절(도로구간)

거. 난간 및 연석

점 검 부 위	손 상 종 류
▷난간 연석	- 강재, 알루미늄 ○강재의 경우 도장 손상 및 부식 ○난간과 상판연결부의 결함, 파손 ○전체적인 처짐 및 선형불량
	- 철근 콘크리트 ○균열, 박리, 파손 ○철근노출 및 부식 ○전체적인 처짐 및 선형불량

너. 여유고 검토

점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	○여유고 미확보 및 월류

더. 공중이 이용하는 부위

점 검 부 위	손 상 종 류
▷추락방지시설	○ 결함 및 파손 ○ 고정부 및 연결부 파손
▷도로포장	○ 도로포장 결함 및 파손 ○ 포트홀, 배수불량
▷도로부 신축이음부	○ 신축이음 토사 및 이물질 퇴적, 고무판 노후 ○ 국부적인 열화 및 후타재 균열 ○ 신축유간 밀착 또는 본체 탈락
▷환기구 등의 덮개	○ 덮개 등에 결함 및 파손 ○ 덮개 등 탈락

< 점검방법 >

- 책임기술자는 추락방지시설, 도로부 포장 및 신축이음부, 환기구 등의 덮개와 같은 공중이 이용하는 부위가 대상시설물에 해당되는지 여부를 확인하고, 해당 부위의 결함조사를 실시한다. 단, 시설물에 공중이 이용하는 부위가 해당하지 않는 경우 책임기술자의 판단에 따라 조사부위를 제외할 수 있다.
- 대상시설물에 해당되는 공중이 이용하는 부위는 숙련된 점검자의 육안조사 또는 점검 로봇 등을 활용한 외관조사 및 영상분석(법 시행령 별표 10의14)을 활용하여 결함 및 파손 등을 점검하고 각 평가항목 및 기준에 따라 중대한 결함 등의 해당 여부를 검토하여야 한다.
- 조사된 결함 및 파손 중 중대한 결함 등이 발견된 경우는 해당부위의 외관조사망도 및 사진대지를 작성하여 「법」 제22조제2항에 따라 관리주체에게 통보하여야 한다.

1.3 재료시험 항목 및 수량

1.3.1 정밀안전점검

가. 재료시험 항목 및 평가방법

[표 1.2] 정밀안전점검의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도 - 비파괴시험 : 반발경도 ○ 콘크리트 탄산화 깊이	○ 콘크리트강도 - 국부파괴법 : 코어강도 ○ 철근배근 상태조사 ○ 염화물함유량¹⁾ ○ 수중조사²⁾
강재 구조물	-	○ 강재용접부 결함조사 - 자분탐상 및 초음파탐상
하천교량	-	○ 여유고 측량³⁾

주1) 염화물함유량시험 대상은 다음 표에서 정하는 해안에서 250m 이내 거리에 위치하고 있는 시설물을 대상으로 하며 시험부재의 철근깊이까지 10mm ~ 20mm 단위로 깊이별로 구분하여 KS F 2713(2017)의 콘크리트 및 콘크리트 재료의 염화물 분석 시험방법으로 실시하여 염화물의 분포를 파악하여야 한다.

또한, 동절기 염화칼슘 등의 사용 등에 따라 염해의 우려가 있는 시설물도 포함한다.

주2) 제2종 하천교량은 하자담보기간 완료 전 실시하는 정밀안전점검 시 필수로 실시하고, 그 후는 1.3.3의 다.항에 따라 실시한다.

주3) 여유고 측량은 계획홍수위를 확인할 수 있는 하천기본계획을 참고하여 여유고를 검토한 결과, 여유고가 미확보된 경우에 수행하며 시설물 특성상 교량 계획고의 변동 가능성이 없으므로 준공도서 및 하천기본계획 자료 외 실측 자료를 활용할 수 있다. 다만 교량 조건의 변화 등으로 인해 교량 계획고의 변화가 우려될 경우 실측한다.

[염해에 관한 외적 성능 저하요인의 구분]

구분	해안에서 거리	염소이온의 침투정도
심한 염해 지역	0m 부근	조수간만 및 파도에 의해 빈번히 해수에 접한다.
보통 염해 지역	100m 이내	강풍시에 해수적(海水滴)이 비래하고, 콘크리트 면이 해수에 젖는다.
경미한 염해지역	250m 이내	해염입자가 비래하고 콘크리트 중에 유해량의 염화물이 축적된다.
염해를 고려하지 않아도 좋은 지역	250m 초과	콘크리트중에 유해량의 염화물이 거의 축적되지 않는다.

출처 : 염해 및 탄산화에 대한 철근콘크리트 구조물의 내구성 설계·시공·유지관리 지침 : 한국콘크리트학회('03.4)

[표 1.3] 정밀안전점검 재료시험 평가방법

구 분		재료시험 항목	평가방법
기본 과업	콘크리트 구조물	○ 콘크리트 비파괴강도 － 반발경도시험	○ 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요
		○ 콘크리트 탄산화 깊이 측정	○ 현장측정 ○ 탄산화속도계수 산정
선택 과업	콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도 － 국부파괴 : 코어채취	○ 콘크리트강도 평가의 기준 ○ 필요시 콘크리트 물성시험 등
		○ 철근탐사시험 － 철근배근상태 － 철근피복두께	○ 구조검토를 위한 철근조사 ○ 콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
		○ 콘크리트 염화물함유량 시험	○ 시료채취 및 평가
	강재 구조물	○ 자분탐상 및 초음파탐상	○ 강재용접부 결함 탐상
	하천교량	○ 여유고 측량	○ 하천교량의 여유고 확보 유무 파악

나. 재료시험 기준수량

[표 1.4] 정밀안전점검의 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	교 량		비 고
	상부구조	하부구조	
반발경도시험	○ 50m 마다	○ 연장 50m 마다	
탄산화 깊이 측정	○ 5경간 이내 : 2~3개소 ¹⁾ ○ 5경간 이상 : 3~6개소 ²⁾		

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시

주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

[표 1.5] 정밀안전점검의 선택과업 재료시험 기준수량

구 분	교 량		비 고
	상부구조	하부구조	
코어채취 ¹⁾	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		
철근탐사	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		
염화물함유량시험	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		
자분탐상시험 (초음파탐상시험)	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		· 용접부 결함
여유고 측량	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		

주1) 콘크리트 코어를 채취할 경우 그 채취 지점은 구조물에 영향이 최소화되는 지점을 선정토록 하며, 이전에 수행한 정밀안전점검이나 정밀안전진단에서 코어채취 및 실내시험에 대한 자료가 충분하고 평가기준에 적합한 경우에는 기존의 자료를 이용할 수 있다.

1.3.2 정밀안전진단

가. 재료시험 항목

[표 1.6] 정밀안전진단의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도 - 비파괴시험 : 반발경도, 초음파속도 ○ 철근탐사 - 철근 배근상태, 철근 피복두께 ○ 콘크리트 탄산화 깊이 ○ 콘크리트 염화물함유량¹⁾ ○ 균열깊이 조사	○ 콘크리트강도 - 국부파괴법 : 코어강도 ○ 철근부식도 조사 ○ 콘크리트 물성 및 미세구조 ○ 수중조사²⁾ ○ 비파괴재하시험
강재구조물	○ 용접부 결함탐사 - 초음파탐상	○ 용접부 결함탐사 - 방사선투과시험 - 자분탐상시험
하천교량	—	○ 여유고 측량 ³⁾

주1) 염화물함유량시험은 시험부재의 철근깊이까지 10mm ~ 20mm 단위로 깊이별로 구분하여 KS F 2713(2002)의 산-가용성 염화물시험방법으로 실시하여 염화물의 분포를 파악하여야 한다.

주2) 하천교량은 최초 정밀안전진단 시 필수로 실시하고, 그 후는 1.3.3의 다.항에 따라 실시한다.

주3) 여유고 측량은 계획홍수위를 확인할 수 있는 하천기본계획을 참고하여 여유고를 검토한 결과, 여유고가 미확보된 경우에 수행하며 시설물 특성상 교량 계획고의 변동 가능성이 없으므로 준공도서 및 하천기본계획 자료 외 실측 자료를 활용할 수 있다. 다만 교량 조건의 변화 등으로 인해 교량 계획고의 변화가 우려될 경우 실측한다.

[표 1.7] 세부구조별 정밀안전진단 재료시험 평가방법

구 분	재료시험 항목	평가방법
기본 과업	콘크리트 구조물	○ 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요
		○ 구조검토를 위한 철근조사
		○ 콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
		○ 현장측정
		○ 탄산화속도계수 산정
	강재 구조물	○ 주철근까지 깊이별(10mm~20mm) 시료채취 및 평가
선택 과업	콘크리트 구조물	○ 발생균열의 철근깊이 이상 발견 또는 관통 여부 등 평가
		○ 허용균열폭과의 비교·검토
		○ 필요시 방사선투과시험
		○ 콘크리트강도 평가의 기준
		○ 필요시 콘크리트 물성시험 등
	강재 구조물	○ 강도, 수분함량 등
		○ 주요부재의 철근 대상
		○ 철근부식확률 평가
하천교량	○ 하상에 위치한 교량의 기초조사	○ 하상에 위치한 교량의 기초조사
	○ 구조물 실 거동(변형, 처짐) 평가	○ 구조물 실 거동(변형, 처짐) 평가
하천교량	○ 강재용접부 비파괴시험	○ 균열의심부 필요시 염료침투탐상시험 실시
	○ 균열의심부 : 자분탐상시험	○ 하천교량의 여유고 확보 유무 파악

나. 재료시험 기준수량

[표 1.8] 정밀안전진단의 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	교 량		비 고
	상부구조	하부구조	
반발경도시험	○ 철근콘크리트 : 2개소/50m ○ 강합성교 : 1개소/50m	○ 1개소/연장50m ○ 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	· 동일부위 시험
초음파 전달속도시험	○ 철근콘크리트 : 2개소/50m ○ 강합성교 : 1개소/50m	○ 1개소/연장50m ○ 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	
철근탐사시험	○ 철근콘크리트 : 2개소/50m ○ 강합성교 : 1개소/50m	○ 1개소/연장50m ○ 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	
탄산화 깊이 측정	○ 5경간 이내 : 4~6개소 ¹⁾ ○ 5경간 이상 : 6~9개소 ²⁾		
염화물 함유량시험	○ 3개소 이상 ³⁾		· 간만대 또는 비말대 포함
균열깊이 조사	○ 부재의 중요도를 고려 ○ 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정		· $C_w=0.3\text{mm}$ 이상 균열
강재용접부 초음파탐상시험	○ 플레이트거더교 : 1개소/경간별 거더 ○ 박스거더교 : 2개소/경간별 거더		· 맞대기용접부

주1) 철근콘크리트 상부구조에서의 최소 2개소 이상 실시

주2) 철근콘크리트 상부구조에서의 최소 3개소 이상 실시

주3) 염화물 함유량 시험시 시료(코어) 채취위치는 철근콘크리트 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시하고, 염해에 취약한 해상교량과 하천교량 중 염해의 영향이 있을 것으로 판단되는 하천과 바다가 만나는 합류부 부근 교량의 경우에는 교량 하부 수중부(간만대 또는 비말대)를 대상으로 1곳 이상의 시료를 채취하여 염화물 침투 및 염해여부 확인

[표 1.9] 정밀안전진단의 선택과업 재료시험 기준수량

구 분	교 량		비 고
	상부구조	하부구조	
코어채취 ¹⁾	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		
수중조사	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		· 필수적으로 실시
비파괴 재하시험	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		
철근부식도시험	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		
강재용접부 자분탐상시험	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		· 균열의심부
방사선투과시험	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		· 맞대기용접부
여유고 측량	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		

주1) 콘크리트 코어를 채취할 경우 그 채취 지점은 구조물에 영향이 최소화되는 지점을 선정토록 하며, 이전에 수행한 안전점검이나 정밀안전진단에서 코어채취 및 실내시험에 대한 자료가 충분하고 평가기준에 적합한 경우에는 기존의 자료를 이용할 수 있다.

1.3.3 재료시험 기준수량의 조정

가. 연장별 조정비

교량의 정밀안전점검 또는 정밀안전진단 실시에서 재료시험 항목 중 경간당, 거더당 비율에 따라 기준 수량을 규정한 항목은 연장 300m 이상일 경우 연장별 조정비에 따라 기본 재료시험의 기준 수량을 책임기술자의 판단에 따라 관리주체와 협의하여 조정할 수 있다.

○ 연장별 조정비

- ▶ 500m : 80%, 1,000m : 60%, 2,000m : 40%, 4,000m이상 : 30~20%

나. 재료시험 기준수량의 조정

교량의 정밀안전점검 또는 정밀안전진단 시 하부구조에 대한 콘크리트의 조사·시험은 교대, 교각 개소수를 기준으로 재료시험 기준수량을 정하고 있으나, 라멘식과 같이 한 경간에 교각의 기둥이 다수로 존재하는 하부구조에서의 콘크리트 재료시험 기준수량은 상부구조의 경간수를 기준으로 실시한다.

다. 수중조사

제1종 하천교량의 경우 최초 정밀안전진단 시에는 반드시 수중조사를 실시하여야 하며, 제2종 하천교량의 경우 하자담보기간 완료 전 실시하는 정밀안전점검에서 반드시 수중조사를 실시하여야 한다.

해상교량에 대한 수중조사는 하천교량 경우에 준하여 실시한다.

다음 각 호에 해당하는 사항이 발생하는 경우에는 수중조사를 필수적으로 실시하여야 한다.

- 최초 정밀안전진단 및 최초 수중조사 이후에 하상정비계획 또는 준설 등에 의하여 교량주변에 하상변동이 발생했을 경우
- 교량이 위치한 하천에서 계획홍수량 이상의 홍수가 발생했을 경우
- 교량에 인접하여 교량확장, 철도 복선화 공사 등으로 인한 기초공사가 시행되었을 경우
- 최초 수중조사결과 기초부의 손상(박리, 박락, 침식 등), 열화 진전이 예상되는 경우, 기초부 염화물 상태평가기준이 C이하로 부식 발생이 예상되는 경우

1.4 상태평가기준 및 방법

1.4.1 상태평가항목 및 기준

가. 부재별 상태평가 적용범위

부재별 상태평가기준은 교량의 거더와 가로보를 분리하고, 재료시험의 탄산화와 염화물 및 월류(여유고)에 대한 평가항목을 포함하여 세분화하였으며, 아래의 표와 같이 부재별 상태평가기준을 부재의 중요도를 감안하여 차등화함으로써 가능한 한 전체 상태평가기준과 부합하도록 조정하였다.

교량의 안전에 직접적인 영향을 미치는 바닥판, 거더, 하부구조 및 받침은 평가기준을 a~e로 범위를 적용하고, 내구성에 영향을 미치는 신축이음, 배수시설, 교면포장과 2차 부재인 가로보와 세로보는 a~d로 범위를 조정하였다.

[표 1.10] 부재별 상태평가 적용 범위

부재의 분류		차등 적용범위
상부구조	바닥판, 거더, 케이블	a, b, c, d, e
	2차부재 (가로보 및 세로보)	a, b, c, d
하부구조	교대 및 교각, 기초, 주탑	a, b, c, d, e
받침	교량받침	a, b, c, d, e
기타부재	신축이음, 난간 및 연석, 배수시설, 교면포장	a, b, c, d
재료시험	탄산화, 염화물, 월류(여유고)	a, b, c, d, e

부재별 상태평가는 전체 수량에 대한 손상수량의 비율에 의해 평가하는 정량적 평가와 시설물의 상태에 대한 점검자의 주관적인 의견에 의한 정성적 평가를 동시에 수행하며 정성적 평가 시 점검자에 의한 편차를 줄이기 위해 손상수량 및 손상현황에 대한 정도를 정확히 파악하여야 한다. 이러한 경우 경간 상태평가 결과는 정량적, 정성적 평가의 최댓값을 기준으로 산정한다.

나. 부재별 상태평가기준

1) 콘크리트 바닥판

[표 1.11] 콘크리트 바닥판 상태평가기준

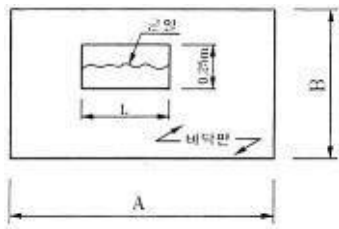
기준	균열 ¹⁾		열화 및 손상		
	1방향 균열	2방향 균열	누수 및 백태	표면손상	철근부식
a	○ 균열폭 0.1mm미만	○ 망상균열폭 0.1mm미만	○ 없음	○ 없음	○ 없음
b	○ 균열폭 0.1mm이상~0.3mm미만 ○ 균열률 2%미만	○ 망상균열폭 0.1mm이상~0.3mm미만	○ 누수 및 백태 면적 10% 미만 ○ 데크플레이트 부식 면적 10%미만	○ 표면손상 면적 2% 미만	○ 없음
c	○ 균열폭 0.3mm이상~0.5mm미만 ○ 균열률 2%이상~10% 미만	○ 망상균열폭 0.3mm이상	○ 누수 및 백태 면적 10% 이상 ○ 바닥판 누수로 인한 데크플레이트 부식 면적 10% 이상	○ 표면손상 면적 2% 이상 10% 미만	○ 철근부식 손상면적 2%미만
d	○ 균열폭 0.5mm이상~1.0mm미만 ○ 균열률 10%이상~20%미만	○ 망상균열의 진전으로 인한 콘크리트 박리 발생	○ 바닥판 누수로 인한 데크플레이트의 심한 부식으로 탈락 발생	○ 표면손상 면적 10% 이상	○ 철근부식 손상면적 2%이상
e	○ 균열폭 1.0mm이상 ○ 균열률 20%이상	○ 망상균열에 인한 박리가 심하여 편칭파괴 발생 가능성 있음	○ 부식으로 인한 철근의 단면감소가 심하여 바닥판의 안전성이 저하되는 경우		

< 해 설 >

- 본 상태평가기준은 모든 교량형식의 RC 및 PC 바닥판과 RC 박스거더교량의 상부플랜지 및 프리캐스트패널이 거푸집으로 시공된 바닥판의 상태평가에 적용한다.
- 1방향균열의 경우 0.3mm미만의 균열평가기준을 “b”로, 1.0mm이상의 균열 또는 균열률 20%이상인 상태를 “e”로 평가한다.
- 2방향균열의 경우 망상균열로 인한 박리 발생시 평가기준을 “d”, 편칭파괴의 발생 가능성이 있으면 “e”로 평가한다.
- “열화 및 손상” 손상항목은 표면손상 면적과 철근부식손상 면적으로 평가하며, 철근부식에 따르는 내하력 저하의 가능성이 없으면 표면손상으로, 부식에 의한 철근의 단면감소로 인하여 내하력 저하의 가능성이 있으면 철근부식손상으로 규정한다.
- 누수는 바닥판의 균열이 상하면을 관통하여 물이 스며드는 현상이며, 변색은 누수가 지속되어 바닥판 표면의 색이 변화된 상태를 지칭한다.
- 백태는 누수에 의하여 유리석회가 발생하는 현상을 지칭한다.
- 표면손상은 파손, 박락, 층분리, 재료분리 등과 같이 손상이 콘크리트 부분에 국한된 경우를 말하며, 철근부식손상은 철근노출 및 노출된 철근이 부식된 경우나, 탄산화 또는 콘크리트내의 염화물로 인해 내부철근의 부식이 발생하고, 이로 인해 콘크리트의 팽창, 균열 및 박리가 발생한 경우를 말한다.
- PSC 박스거더교의 경우 상하부 플랜지와 복부판이 일체가 되어 주형으로써 거동을 하지만, 활하중을 직접 받는 상부플랜지는 콘크리트 바닥판으로, 복부판과 하부플랜지는 PSC 거더로 구분하여 상태평가를 수행한다. 단, 순수하게 바닥판 보강(교축 직각방향 보강 등)을 위해 긴장재가 도입된 경우 프리스트레스 콘크리트 바닥판으로 상태평가를 수행한다.
- 균열률은 폭 0.2mm이상의 균열을 대상으로 산정한다.
- 바닥판 하면이 데크플레이트로 보호된 경우 강바닥판이 아닌 콘크리트 바닥판으로 평가한다.
- 콘크리트 균열에 의한 평가기준은 콘크리트 부재에 대한 설계, 시공 및 유지관리 분야간의 일관성을 위해 2012년 개정된 콘크리트 설계기준에 명시된 허용균열폭을 참고하였다.

주1) 균열률 산정 방법

■ 1방향 균열인 경우

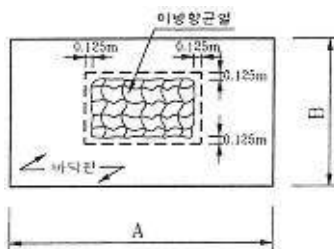


- 균열발생 면적은 길이 당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 하며, 균열의 개수가 2개 이상일 경우는 각 균열길이에 0.25m의 폭을 곱해서 합산하여 구한다.

- 균열 면적률은 아래 식으로 산정한다.

$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\text{균열길이}(L) \times 0.25}{A(m) \times B(m)} \times 100 = \%$$

■ 2방향 균열인 경우



- 균열발생 면적은 균열발생 부위를 가로, 세로의 최외측 균열을 경계로 하여 사각형 형태로 구획한 후, 점선내면면적인 (가로길이+0.25m)×(세로길이+0.25m)로 구한다.

- 균열 면적률은 아래 식으로 산정한다.

$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\text{균열발생면적}(m^2)}{A(m) \times B(m)} \times 100 = \%$$

주2) 표면손상에 대한 면적을 산정 방법

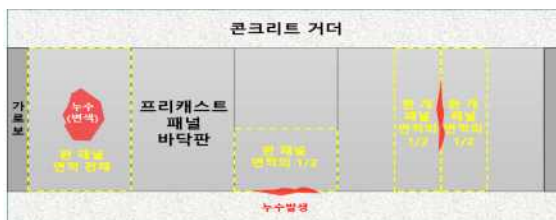
$$\text{표면손상면적률}(\%) = \frac{\text{결합 및 손상발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100$$

주3) 철근부식 손상면적을 산정 방법

철근부식 발생면적은 철근부식 발생 길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 함.

$$\text{철근부식손상면적률}(\%) = \frac{\text{철근부식면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\text{철근부식발생길이}(L) \times 0.25}{A(m) \times B(m)} \times 100$$

주4) 프리캐스트패널 바닥판 누수(백태) 면적 산정 방법



- 누수(백태) 면적 계산 시 누수(백태) 발생 패널 단위로 면적 계산

- 프리캐스트패널 누수(백태) 면적 : 누수(백태) 발생부와 접한 프리캐스트패널 면적의 1/2

- 프리캐스트패널 내부 누수(백태)는 한 개 패널 전체 면적으로 산정

$$\text{프리캐스트패널누수(백태)면적률}(\%) = \frac{\text{프리캐스트패널 누수(백태)면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100$$

[표 1.11의2] 콘크리트 바닥판 상세조사 상태평가기준

기준	캔틸레버부 상면 열화 깊이	그 외 부분의 상면 열화 깊이
a	○ 열화 없음	○ 열화 없음
b	○ 포장 들뜸	○ 포장 들뜸 ○ 열화깊이 $\leq c'$
c	○ 열화깊이 $\leq \frac{1}{2}c'$	○ $c' \leq$ 열화깊이 $< \frac{1}{2}h$
d	○ $\frac{1}{2}c' \leq$ 열화깊이 $< c'$	○ $\frac{1}{2}h \leq$ 열화깊이
e	○ $c' \leq$ 열화깊이	○ $\frac{1}{2}h \leq$ 열화깊이이고 바닥판 하부에 2방향 균열 발생

< 해 설 >

- 본 상태평가기준은 [표 1.11] 콘크리트 바닥판 상태평가기준이 c이하인 경우(바닥판 하면의 손상이 교면포장 손상 위치와 일치되는 경우, 과다변위 발생부 등) 또는 [표 1.24~1.25] 교면포장 상태평가기준이 d이하인 경우(캔틸레버부 상면에 뚜렷한 폭의 균열 발생, 교축방향 연속적인 균열 발생, 교면 포장 보수 또는 재포장 후 기존 손상과 유사한 손상이 지속 발생하는 경우 등) 평가를 실시하여야 한다.
- c' 는 콘크리트 상부 순피복두께를, h 는 바닥판 두께를 의미한다.
- 상면 열화 깊이를 파악하기 위해 소구경(지름 25mm 이하) 내시경 조사를 실시한다. 소구경 내시경 조사는 국부파괴 시험의 일종으로 코어링을 실시하여야 하며, 사전에 철근탐사장비를 통해 철근의 배치를 확인하고 최대한 철근의 손상 없이 코어링을 실시한다.
- 바닥판 내 열화 여부는 사질화(콘크리트가 동결융해 및 차량하중 등 손상에 의해 모르타르와 굵은골재 등으로 분해되는 현상)를 바탕으로 판단한다.
- 소구경 내시경 조사를 위한 상세조사 부위는 바닥판의 상태평가기준이 c이하인 경우에 대해 바닥판 하부에 2방향 균열, 누수, 백태, 열화, 철근부식, 박리, 박락 등 손상이 복합적으로 나타나는 부위를 우선적으로 고려하며, 2방향 균열의 최저등급이 확인되는 부위 또는 1방향 균열의 최저등급이 확인되는 부위에 대해 조사를 실시할 수 있다.
- 소구경 내시경 조사를 위한 상세조사 부위는 교면포장 상태평가기준이 d이하인 경우에 대해 균열, 체수, 들뜸, 손상 등이 복합적으로 나타나는 곳을 우선적으로 고려하며, 포트홀, 소성 변형, 국부파손 등 손상 발생부나 중차량 윤회중 분포 위치부에 대해 조사를 실시할 수 있다.
- 소구경 내시경 조사가 필요한 바닥판의 수를 우선 확인하고, 책임기술자 판단에 따라 가장 열화가 많이 진행된 바닥판에 대해 1개소 이상 실시한다.
- 소구경 내시경 조사를 위한 코어링을 실시할 경우 해당 부위에 대하여 염화물함유량 조사를 실시하여야 한다.
- 상세조사를 실시할 경우 부재별 가중치에 반영되는 바닥판 값은 [표 1.11] 콘크리트 바닥판 상태평가기준과 [표 1.11의2] 콘크리트 바닥판 상세조사 상태평가기준 중 최저값을 반영한다.
- 소구경 내시경 조사는 바닥판의 상태를 정확히 파악할 수 있으나 구조물에 손상을 가하게 되므로 소구경 내시경 조사 실시를 최소화하는 것이 바람직하다. 따라서, 바닥판의 열화 및 손상 등 상태의 큰 변화가 없으면, 과거 5년 이내의 소구경 내시경 조사 결과를 활용하거나 비파괴 조사를 통해 상세조사를 수행할 수 있다.
- 비파괴 조사를 통해 상세조사를 수행하는 경우 바닥판 상면에서 하면으로의 열화깊이와 하면에서 상면으로의 열화깊이를 동시에 조사·분석하여 열화깊이를 추정해야 한다.
- 소구경 내시경 조사 후 조사 부위는 무수축 모르타르 등을 이용해 보수를 실시하여야 한다.
- 콘크리트 바닥판 상세조사 상태평가기준을 적용하기 위한 과업은 책임기술자의 기술적 판단을 바탕으로 관리주체의 승인을 받아 선택과업으로 실시하며, 비용산정은 지침에 따라 실비로 계상한다.

2) 강 바닥판, 강 거더 및 강 교각(강 주탑)

[표 1.12] 강 바닥판, 강 거더, 강 교각(강 주탑) 상태평가기준

기준	모재 및 연결부 손상				표면열화
	부재 균열	변형, 파단	연결 볼트 이완, 탈락	용접연결부 결함	
a	○ 없음	○ 없음	○ 없음	○ 없음	○ 없음
b	○ 보조부재의 국부적 균열	○ 보조부재의 국부적 변형	○ 보조부재 2%미만	○ 부분적 용접불량 (기공, 슬래그, 언더컷)	○ 도장탈락 면적 10%미만 ○ 부식발생 면적 2%미만
c	○ 보조부재의 전반적 균열 ○ 주부재의 국부적 균열	○ 보조부재의 전반적 변형 및 파단 ○ 주부재의 국부적 변형 ○ 주탑하단부 연결볼트 부식	○ 보조부재 2%이상~10%미만 ○ 주부재 2% 미만	○ 주부재의 심한 용접불량 (기공, 슬래그, 언더컷) ○ 부분적 용입부족, 용접누락	○ 도장탈락 면적 10%이상 ○ 부식발생 면적 2%이상~10% 미만
d	○ 주부재의 전반적 균열	○ 주부재의 전반적 변형 및 파단 ○ 좌굴에 의한 주부재 변형 ○ 주탑하단부 연결볼트 파단	○ 보조부재 10%이상 ○ 주부재 2%이상~10%미만	○ 인장플랜지 용접 연결부 용입부족 및 용접누락으로 인한 안전성저하	○ 부식발생 면적 10%이상 ○ 부식에 의한 단면손상 면적 2%이상~10% 미만
e	○ 균열이 주부재 단면의 20% 이상 진전	○ 좌굴에 의한 파대 변형 및 파단으로 주부재의 안전성 저하	○ 주부재 10%이상	○ 인장플랜지 용접 연결부 균열진전으로 인해 연결기능 상실	○ 부식에 의한 단면손상 면적 10%이상

< 해 설 >

- 본 상태평가기준은 강 바닥판, 강 거더, 강 교각 및 케이블 교량의 보강형과 강 주탑의 상태평가에 적용한다.
- 강재 거더에 대한 상태평가지 용접연결부에 대한 육안조사 및 비파괴조사 결과를 반영하여 상태평가를 수행한다.
- 주부재라 함은 바닥판(거더)의 구성요소 중 하중을 직접 전달하는 요소를 말하며, 보조부재라 함은 주부재의 변형을 방지하기 위한 보강재를 말한다. 즉, 강박스의 경우 상,하부 플랜지, 복부판, 종리브, 지점부 격벽은 주부재이며, 수평/수직보강재, 횡리브는 보조부재이다.
- 용접불량의 종류를 내하력저하를 유발하지 않는 가벼운 용접결함(기공, 슬래그, 언더컷)과 내하력저하 가능성이 있는 중대 용접결함(용접누락, 용입부족)으로 구분하여 서로 다른 평가기준을 적용한다.
- 부식발생면적과 도장탈락면적을 구분하여 평가한다. 즉, 도장탈락은 부재의 내하력 저하와 무관하므로 평가기준을 완화하며, 부식이 발생하였을 경우에는 부식에 의한 단면손상이 시작되었다고 볼 수 있으므로 보다 엄격한 평가기준을 적용한다.
- 강 부재의 균열은 모재 및 용접연결부 균열을 포함한다.
- 강 주탑의 경우 케이블 정착구와 새들은 케이블 시스템에 포함하여 평가하며, 주탑 본체는 강 교각의 평가기준을 적용한다. 강 주탑 평가지 보조주탑 및 기초와의 연결부 볼트의 부식 및 파단에 대한 손상항목을 추가한다.
- 하중이 집중되는 부재연결판(트러스교의 현재, 사재, 수직재, 아치교의 아치부재, 수직재, 케이블 교량의 케이블 정착구)에 심한 부식, 균열, 변형과 같은 손상이 발생된 경우에는 연결판의 안전성을 별도로 평가한다.

[표 1.13] 프리스트레스 콘크리트 바닥판 상태평가기준

기준	균열	열화 및 손상		
		누수 및 백태	표면손상	철근부식
a	○ 없음	○ 없음	○ 없음	○ 없음
b	○ 균열폭 0.2mm 미만 ○ 균열률 2%미만	○ 누수 및 백태 면적 10% 미만 ○ 데크플레이트 부식 면적 10%미만	○ 표면 손상면적 2%미만	○ 없음
c	○ 균열폭 0.2mm이상~0.3mm미만 ○ 균열률 2%이상~10% 미만	○ 누수 및 백태 면적 10% 이상 ○ 바닥판 누수로 인한 데크플레이트 부식 면적 10%이상	○ 표면 손상면적 2%이상~10%미만	○ 철근부식 손상면적 2%미만
d	○ 균열폭 0.3mm이상~0.5mm미만 ○ 균열률 10%이상~20%미만	○ 바닥판 누수로 인한 데크플레이트의 심한 부식으로 탈락 발생	○ 표면 손상면적 10% 이상 ○ 데크플레이트 박리가 심하고 누수로 인한 부식 발생	○ 철근부식 손상면적 2%이상
e	○ 균열폭 0.5mm이상 ○ 균열률 20%이상	○ 부식으로 인한 철근의 단면감소가 심하여 바닥판의 안전성이 저하되는 경우		

3) 철근콘크리트 거더

[표 1.14] 철근콘크리트 거더 상태평가기준

기준	균열	열화 및 손상
a	○ 균열폭 0.1mm 미만	○ 없음
b	○ 균열폭 0.1mm이상~0.3mm미만	○ 표면 손상면적 2%미만
c	○ 균열폭 0.3mm이상~0.5mm미만	○ 표면 손상면적 2%이상~10%미만 ○ 철근부식 손상면적 2%미만
d	○ 균열폭 0.5mm이상~1.0mm미만 ○ 내하력저하로 인한 휨균열 과다발생	○ 표면 손상면적 10%이상 ○ 철근부식 손상면적 2%이상
e	○ 균열폭 1.0mm이상 ○ 휨균열 과다발생 및 과대처짐으로 인하여 거더의 안전성 저하	○ 지점부 콘크리트 파손으로 인한 거더의 안전성 저하

< 해설 >

- 본 상태평가기준은 RCT거더교, 라멘교 및 프리플렉스교의 거더와 RC박스거더교의 거더부(복부판과 하부플랜지)의 상태평가에 적용한다.
- 철근콘크리트 부재의 경우 재료 및 구조적 특성상 어느 정도의 균열을 동반하는 구조체이며, 사인장균열과 휨균열 및 기타 균열을 구분하지 않고 하나의 평가기준을 적용하였다.
- 0.1mm미만의 균열은 콘크리트 부재에 흔히 발생할 수 있는 미세균열로써 평가기준을 “a”로 분류하였고, 1.0mm이상의 균열은 구조적 균열로써 “e”로 분류하였다.
- 철근콘크리트 거더에 발생한 손상의 경우, 철근에 영향을 미치지 않을 경우에는 표면손상으로, 철근노출 및 열화로 인해 철근부식의 가능성이 있을 경우에는 철근부식손상으로 구분하여 서로 다른 평가기준을 적용한다.

4) 프리스트레스 콘크리트 거더

[표 1.15] 프리스트레스 콘크리트 거더 상태평가기준

기준	거 더		긴 장 재(텐 던)		
	균열	열화 및 손상	강연선 노출 및 손상	시멘트 그라우트 충전 결함	보호관 손상
a	○ 없음	○ 없음	○ 노출없음	○ 충전결함 없음	○ 이상없음
b	○ 균열폭 0.2mm미만	○ 표면 손상면적 2%미만	○ 노출 ¹⁾	○ 충전결함	○ 손상 ⁵⁾
c	○ 균열폭 0.2mm 이상 ~ 0.3mm미만	○ 표면 손상면적 2%이상~10% 미만 ○ 철근부식 손상 면적 2%미만	○ 표면부식 ²⁾	○ 충전결함 시 염화물함량 ⁴⁾ 1.2kg/m ³ 이상 ~ 2.5kg/m ³ 미만	—
d	○ 균열폭 0.3mm 이상 ~ 0.5mm미만 ○ 내하력저하로 인한 휨균열 과다발생	○ 표면손상면적 10%이상 ○ 철근부식 손상 면적 2%이상	○ 단면손실을 동반한 부식 ³⁾	○ 충전결함 시 염화물함량 2.5kg/m ³ 이상	—
e	○ 균열폭 0.5mm이상 ○ 휨균열 과다발생 및 과대처짐으로 인하여 거더의 안전성 저하	○ 단부 콘크리트의 심한 파손 또는 강선 정착부 파손으로 인한 부재의 안정성 저하	○ 강연선(소선) 파단(단선)	—	—

주1) 노출 : 강연선이 그라우트 충전결함으로 피복되지 않은 상태

주2) 표면부식 : 강연선 표면에 녹이 발생한 상태

주3) 부식 : 표면부식이 진진되어 단면손실이 발생한 상태, 국부부식 등

주4) 염화물함량 : 전 염화물 이온량 기준

주5) 손상 : 누수, 백태, 단차, 파손 등

< 해 설 >

- 본 상태평가기준은 PSCI거더교의 거더, PSC박스거더교 및 케이블교량의 PSC 거더부(복부판과 하부플랜지), PCT거더교의 상태평가에 적용한다.
- 프리스트레스 콘크리트 거더의 경우에는 긴장재로 인해 철근콘크리트 거더보다 균열발생 가능성이 적으므로 균열의 평가기준을 중앙부(휨) 균열, 받침부(사인장) 균열 및 정착부 균열로 구분하지 않고 하나의 평가기준을 적용한다.
- 프리스트레스 콘크리트 거더의 단부 콘크리트가 파손이 심하거나 정착부 파손으로 안정성이 저하되는 경우 평가기준을 “e”로 평가하며, 즉시 보강 또는 개축을 실시한다.
- PSC 부재는 균열이 발생하지 않도록 설계하므로, 균열이 없을 경우의 평가기준은 “a”로, 0.5mm이상의 균열이 발생할 경우 내하력저하로 인한 거더의 안전성이 우려되므로 “e”로 분류한다.
- PSC 박스거더의 경우 하부플랜지와 복부는 거더로 평가하며, 상부플랜지는 바닥판으로 평가한다. 단, 순수하게 바닥판 보강(교축 직각방향 보강 등)을 위해 긴장재가 도입된 경우 프리스트레스 콘크리트 바닥판으로 상태평가를 수행한다.
- 부재에 발생한 손상은 콘크리트 부분에 국한된 표면손상과 철근노출, 탄산화 및 염화물로 인한 철근부식 가능성이 있는 철근부식 손상으로 구분하여 평가한다.
- 설계·시공방법을 검토하여 인장균열을 제어하기 위해 긴장재로 긴장을 한 프리플렉스교의 경우에는 프리스트레스 콘크리트로 평가할 수 있다.

- 외부긴장재에 대한 내부 충전결합은 강구막대를 이용한 청음조사가 일반적으로서 격벽상단 변곡부(크라운부) 및 방향전환블럭 전·후 1.5m 구간에 대해 기본과업으로 실시한다.
- 강연선이 노출되어 있으나 표면부식이 없는 경우는 “b”이고 표면부식이 있으면 “c”이고, 단면 손실이 발생한 경우 “d”이다.
- 시멘트 그라우트의 전염화물 이온량은 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 염화물 상태평가기준을 따른다.(안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 해설서-교량편 [표 1.29] 참조)
- 외부긴장재의 보호관은 강연선과 충전재(그라우트)의 케이싱 역할로 중요도가 높지 않으므로 상태평가기준범위를 “a~b”로 하며, 상태평가기준이 “b” 일지라도 보호관 역할을 수행 못 할 정도의 손상이 조사되었을 경우에는 책임기술자가 판단하여 보수방안을 제시한다.
- 강연선(소선)의 파단(단선) 시작은 연속적인 추가 파단으로 이어질 수 있으므로 책임기술자의 기술적인 판단(구조 검토 등)에 따라 관리주체의 승인을 받아 필요시 선택과업으로 장력시험(외부강연선) 또는 재하시험(내부강연선)을 실시하여 결과에 따른 시설물의 사용중지, 보수·보강 이후 계속사용 또는 개축을 검토한다.
- 강연선의 기준(“a~e”)과 시멘트 그라우트의 기준(“c~d”)을 산정하기 위한 선택과업(천공시험, 내시경조사 등)은 책임기술자의 기술적인 판단에 따라 관리주체의 승인을 받아 실시한다.(필요시 전문가 자문 요청)
- 내부긴장재의 경우 외관조사 시 프리스트레스트 콘크리트 거더 상태평가 균열 기준 “d, e”에 해당하는 균열폭의 구조적균열이 발견될 경우 균열에 대한 분석을 실시하여 긴장재 손상과 관련된 구조적 균열로 의심될 경우 책임기술자의 판단에 따라 천공시험 등을 실시하여 강연선의 상태평가기준을 적용한다.
- 내부 긴장재 주변에 백태 및 누수가 동반된 균열이 발견되어 책임기술자 판단에 따라 강연선의 상태 확인이 필요한 경우 천공시험 또는 국부파취조사 등을 실시하고 강연선의 상태평가기준을 적용한다.
- 이때, 선택과업(국부변형시험, 천공시험, 내시경조사, 국부파취조사, 장력시험 등)에 대한 비용 산정은 견적을 받아 실비로 계상한다.

▷ 국부변형시험	○ 긴장재 변형량 측정시험
▷ 천공시험	○ 긴장재 내 그라우트재 염화물시험, 강연선부식정도 조사
▷ 내시경조사	○ 강연선 부식정도 조사 ○ 육안조사 불가 부위 조사
▷ 장력시험	○ 진동법에 의한 케이블, 긴장재 부재 등의 장력 계측 조사

5) 콘크리트 가로보

[표 1.16] 콘크리트 가로보 상태평가기준

기준	균열	열화 및 손상, 철근부식
a	○ 균열폭 0.1mm미만	○ 없음
b	○ 균열폭 0.1mm이상~0.3mm미만	○ 표면 손상면적 2%미만
c	○ 균열폭 0.3mm이상~0.5mm미만	○ 표면 손상면적 2%이상~10%미만 ○ 철근부식 손상면적 2%미만
d	○ 균열폭 0.5mm이상	○ 표면 손상면적 10%이상 ○ 철근부식 손상면적 2%이상
e	—	—

< 해설 >

- 본 상태평가기준은 콘크리트 교량의 RC 및 PSC 가로보와 라멘교의 기둥과 기둥사이를 연결하는 중간보의 상태평가에 적용한다.
- 2차부재인 철근콘크리트 가로보의 경우, 상태평가기준 범위를 “a~d”로 한다.
- 부재에 발생한 손상은 콘크리트 부분에 국한된 표면손상과 철근노출, 탄산화 및 염화물로 인한 철근부식 가능성이 있는 철근부식 손상으로 구분하여 평가한다.

6) 강 가로보와 세로보

[표 1.17] 강 가로보와 세로보 상태평가기준

기준	모재 및 연결부 손상				표면열화
	부재의 균열	변형, 파단	연결 볼트 이완, 탈락	용접연결부 결함	
a	○ 없음	○ 없음	○ 없음	○ 없음	○ 없음
b	○ 보조부재의 국부적 균열	○ 보조부재의 국부적 변형	○ 보조부재 2%미만	○ 부분적 용접불량 (기공, 슬래그, 언더컷)	○ 도장손상 면적 10%미만 ○ 부식발생 면적 2%미만
c	○ 보조부재의 전반적 균열 ○ 주부재의 국부적 균열	○ 주부재의 국부적 변형 ○ 변형 및 충격에 의한 손상발생	○ 보조부재 2%이상~10%미만 ○ 주부재 2% 미만	○ 주부재의 심한 용접불량 (기공, 슬래그, 언더컷) ○ 부분적 용입부족, 용접누락	○ 도장손상 면적 10%이상 ○ 부식발생 면적 2%이상~10%미만 ○ 부식에 의한 단면 손상 면적 2%미만
d	○ 주부재의 전반적 균열	○ 주부재의 압축부 좌굴에 의한 변형 ○ 부재의 파단 발생	○ 보조부재 10%이상 ○ 주부재 2%이상	○ 인장플랜지 용접 연결부 용입부족 및 용접누락으로 인한 안전성저하	○ 부식발생 면적 10%이상 ○ 부식에 의한 단면 손상 면적 2%이상
e	—	—	—	—	—

< 해 설 >

- 본 상태평가기준은 강I거더교, 플레이트거더교, 강박스거더교, 트러스교, 아치교 및 케이블교량의 강 가로보와 세로보의 상태평가에 적용한다.
- 2차부재인 강재 가로보 및 세로보의 경우 상태평가기준 범위를 “a~d”로 한다.
- 주부재라 함은 가로보(세로보)의 구성요소 중 하중을 직접 전달하는 요소를 말하며, 보조부재라 함은 주부재의 변형을 방지하기 위한 보강재를 말한다. 즉, 가로보의 경우 상,하부 플랜지, 복부판은 주부재이며, 수직보강재는 보조부재이다.
- 용접연결부 결함에 대한 상태평가기준을 용접불량의 종류에서 내하력 저하를 유발하지 않는 가벼운 용접결함(기공, 슬래그, 언더컷)과 내하력 저하 가능성이 있는 중대 용접결함(용접누락, 용입부족)으로 구분하여 서로 다른 평가기준을 적용한다.
- 부식 발생면적과 도장 손상면적을 구분하여 평가한다. 즉, 도장손상은 도장탈락, 변색 등 강재를 보호하는 도장의 기능이 저하된 상태를 말하며, 부재의 내하력 저하와 무관하므로 평가기준을 완화하고, 부식이 발생하였을 경우에는 부식에 의한 단면손상이 시작되었다고 볼 수 있으므로 보다 엄격한 평가기준을 적용한다.
- 강 부재의 균열은 모재 및 용접연결부 균열을 포함한다.

7) 케이블

[표 1.18] 케이블부재 상태평가기준

기준	케이블 부재			정착구	행어밴드, 새들
	부식	손상, 단선	보호관		
a	○ 없음	○ 없음	○ 없음	○ 없음	○ 없음
b	○ 도장열화 및 탈락발생 ○ 점녹발생길이 10% 미만	○ 케이블의 변형발생	○ 보호관 파손길이 2%미만	○ 도장열화 및 탈락 발생 ○ 정착구 누수발생	○ 도장열화 및 탈락발생
c	○ 점녹발생길이 10% 이상 ○ 부식발생길이 2% 미만 ○ 내부소선 부식 발생	○ 케이블의 변형으로 소선 손상 ○ 소선단선 갯수 2%미만	○ 보호관 파손길이 2%이상~ 10%미만	○ 표면부식 발생 ○ 변형 발생 ○ 댐퍼 열화, 변형 ○ 정착구 체수로 인한 강재부식 및 콘크리트 열화 발생	○ 부식발생 ○ 행어밴드 고정볼트 긴장력 감소
d	○ 부식발생길이 2% 이상 ○ 부식에 의한 단면감소발생 ○ 내부소선 부식으로 인한 단면 손상	○ 소선단선 갯수 2%이상~ 10%미만	○ 보호관 파손길이 10%이상	○ 부식으로 인한 단면손상 발생 ○ 부분적인 파손 ○ 댐퍼 이탈, 파손 ○ 정착구 체수로 인한 강재 단면 손상 및 콘크리트 파손 발생	○ 부식에 의한 단면 손상 발생 ○ 볼트이완 및 탈락 발생
e	○ 부식에 의해 케이블 소선 단선 발생	○ 소선단선 갯수 10%이상	—	○ 부식 및 파손으로 인한 정착구 안전성 저하	○ 볼트이완 및 탈락으로 인한 변형 및 변위 발생 ○ 행어밴드 및 새들 파손

< 해 설 >

- 본 평가기준은 현수교의 주케이블과 행어케이블, 사장교의 사장재 및 기타형식의 교량케이블의 상태평가에 적용한다.
- 점녹이라 함은 도장두께부족이나 도장하부의 염분입자 등으로 인해 점 모양의 부식이 발생한 것을 말하며, 일반적인 부식평가기준에 비해 완화된 기준을 적용한다.
- 부식에 의해 발생한 단선은 조치를 취하지 않으면 연속적인 단선이 발생할 가능성이 크므로 엄격한 기준을 적용하여야 하나, 시공중 또는 공용중 일시적으로 발생한 충격에 의해 발생한 단선은 동일한 충격이 지속적으로 반복되지 않으면 손상이 진행되지 않으므로 부식에 의한 단선보다는 완화된 기준을 적용한다.
- 내부소선의 부식발생여부는 채기조사방법에 의해 확인한다.
- 사장교 사장재에 보호관이 설치되어 있을 경우, 부분적으로 절취하여 케이블의 상태를 확인할 수 있으나, 전체적인 케이블의 상태를 직접적으로 확인할 수 없으므로, 보호관의 상태만 평가한다. 이 경우 보호관의 상태평가기준 범위는 “a~d”이며, 보호관의 손상길이가 전체길이의 10%이상일 경우(d)에는 손상된 보호관을 제거한 후 케이블의 상태를 직접 확인하여야 한다.
- 현수교의 주탑상부와 앵커블록 내에 설치된 새들은 구조적으로 케이블 부재는 아니지만, 새들의 상태는 주탑이나 앵커블록보다 케이블의 안전과 밀접한 연관이 있으므로 케이블 부재의 평가 항목에 포함한다.

8) 교대

[표 1.19] 교대 상태평가기준

기준	균열, 변위	열화 및 손상
a	○ 구체 균열폭 0.1mm미만	○ 없음
b	○ 구체 균열폭 0.1mm이상~0.3mm미만 ○ 경미한 앞성토부 유실 및 토사유출	○ 표면 손상면적 2%미만 ○ 앵커블록 내부 결로 발생
c	○ 구체 균열폭 0.3mm이상~0.5mm미만 ○ 앞성토부 유실 및 토사유출 ○ 교대와 날개벽사이에 폭 1.0mm이상의 균열발생(배면토 및 뒤채움재 유출)	○ 표면 손상면적 2%이상~10%미만 ○ 철근부식 손상면적 2%미만 ○ 앵커블록 내부 결로에 의한 체수
d	○ 구체 균열폭 0.5mm이상~1.0mm미만 ○ 앞성토부 비탈딛기 붕괴 ○ 날개벽 기울음 및 손상 심화 ○ 기초의 부등침하로 인한 구체 기울음	○ 표면 손상면적 10% 이상 ○ 철근부식 손상면적 2%이상
e	○ 구체 균열폭 1.0mm이상 ○ 날개벽 전도 위험 있음 ○ 부등침하로 인한 교대 안전성 저하	○ 코핑부 파손으로 인하여 거더의 탈락 가능성 있음 ○ 심한 철근부식으로 인하여 교대의 안전성이 저하됨

< 해 설 >

- 본 상태평가기준은 콘크리트로 시공된 모든 형식의 교대와 현수교의 앵커블록의 상태평가에 적용한다.
- 균열폭에 관한 상태평가기준은 교대 구체에서 발생한 균열에 국한한다.
- 열화 및 손상과 철근부식은 표면손상 면적과 부식으로 인한 철근의 단면손상 발생면적으로 평가한다.
- 상부구조의 침하 및 단차가 발생하거나, 받침 연단부 파손으로 거더의 탈락이 우려되는 경우 “e” 로 평가하며, 즉시 보강 또는 개축을 실시한다.
- 타정식 현수교의 앵커블록은 교대의 상태평가기준에 준하여 평가하며, 앵커블록을 제외한 하부 구조물중에서 하중지지와 토류벽체의 기능을 동시에 갖고 있으면 교대로, 하중지지 기능만 있을 경우에는 교각으로 평가한다.
- 자정식 현수교의 주케이블이 정착되는 교각은 교각의 상태평가기준에 준하여 평가한다.
- 앞성토부에 대한 평가기준은 하천교량을 대상으로 수행한다.
- 기초의 부등침하로 인한 구체 기울음, 교대 안전성 저하로 “d” 또는 “e”로 평가될 경우 1.1.4에 따라 조정 불가한 중대한 결함으로 지정한다.

9) 콘크리트 교각

[표 1.20] 콘크리트 교각 상태평가기준

기준	균열, 변위	열화 및 손상, 철근부식
a	○ 균열폭 0.1mm미만	○ 없음
b	○ 균열폭 0.1mm이상~0.3mm미만	○ 표면 손상면적 2%미만
c	○ 균열폭 0.3mm이상~0.5mm미만	○ 표면 손상면적 2%이상~10%미만 ○ 철근부식 손상면적 2%미만
d	○ 균열폭 0.5mm이상~1.0mm미만 ○ 기초의 부등침하로 인한 교각 기울음	○ 표면 손상면적 10% 이상 ○ 철근부식 손상면적 2%이상
e	○ 균열폭 1.0mm이상 ○ 부등침하로 인한 교각 안전성 저하	○ 코핑부 파손으로 인하여 거더 탈락 가능성 있음 ○ 심한 철근부식으로 인하여 교각의 안전성이 저하됨

< 해 설 >

- 본 상태평가기준은 콘크리트로 시공된 모든 형식의 교각의 상태평가에 적용한다.
- 열화 및 손상과 철근부식은 표면손상 면적과 부식으로 인한 철근의 단면손상 발생면적으로 평가한다.
- 코핑부 파손으로 거더의 탈락이 우려되는 경우 “e”로 평가하며 즉시 보강 또는 개축을 실시한다.
- 기초의 부등침하로 인한 교각 기울음, 교각 안전성 저하로 “d” 또는 “e”로 평가될 경우 1.1.4에 따라 조정 불가한 중대한 결함으로 지정한다.

10) 기초

[표 1.21] 기초 상태평가기준

기준	기초(직접, 말뚝, 케이슨)손상	지반의 안정성
a	○ 없음	○ 없음
b	○ 직접기초(확대기초)에 폭 0.3mm 미만의 균열 발생	○ 매립된 직접기초(확대기초)의 상부가 세굴등에 의해 노출됨
c	○ 직접기초(확대기초)에 폭 0.3mm 이상의 균열 및 단면손상 발생 ○ 침식, 충돌 등에 의한 말뚝 및 케이슨 기초의 단면손상 발생	○ 세굴이 직접기초(확대기초)의 하단까지 진행되어 말뚝 및 케이슨기초가 부분적으로 노출됨
d	○ 직접기초(확대기초)의 파손으로 인한 철근노출 발생 ○ 침식, 충돌 등에 의한 말뚝 및 케이슨 기초의 철근노출 발생	○ 세굴에 의해 말뚝 및 케이슨기초가 전반적으로 노출됨 ○ 기초의 부등침하 및 측방유동에 의해 교대/교각이 기울음
e	○ 기초의 파손 및 침식으로 인한 하부구조물의 안전성 저하	○ 기초의 부등침하 및 측방유동에 의한 교대/교각의 기울음으로 인해 상부구조의 단차 및 파손 발생

< 해 설 >

- 본 상태평가기준은 케이블 교량의 주탑기초를 포함하여 모든 하부구조물의 기초의 상태평가에 적용한다.
- 기초 자체의 손상항목에는 직접기초(파일두부)의 파손, 파일의 손상 및 결함 등이 있으며, 지반의 안정성항목으로는 기초의 근입장 부족, 측방유동, 세굴 등에 의한 기초의 부등침하가 중요한 평가항목이 된다.
- 지반의 안정성 평가항목의 경우, 세굴이 진행하여 기초 하부의 국부적인 노출이 발생하면 평가 기준은 “c”로 평가하고, 기초하부의 전반적인 노출 및 부등침하 발생시 “d”로 평가하며, 부등침하로 인한 상부구조물의 안전에 위해가 발생할 경우 “e”로 평가한다.
- 기초의 상태평가기준이 지반의 안정성 기준에 의해 “d” 또는 “e”로 평가될 경우 1.1.4에 따라 조정 불가한 중대한 결함으로 지정한다.
- 세굴조사는 기초의 세굴발생 여부를 확인하는 조사로써 기본과업의 현장조사에 해당하며, 다음의 조건에 따라 실시하되 조사 방법은 시설물의 여건에 맞게 조정할 수 있다. 수심이 낮아 접근이 가능한 경우에는 육안 또는 방수장비 등을 통해 세굴발생 여부를 직접 확인 해야한다. 다만 수심이 깊어 접근이 어려운 경우에는 수중드론 또는 전문잠수부 등을 통해 세굴발생 여부를 확인하고, 별도로 비용을 계상한다.

11) 교량받침

[표 1.22] 교량받침 상태평가기준

기준	받침 본체		받침 콘크리트 등	가동 여유량
	탄성받침	강재받침		
a	○ 외관상태 양호	○ 외관상태 양호	○ 외관상태 양호	○ 온도를 고려한 여유량을 확보하고 특별한 이상이 없음
b	○ 미세균열 등 경미한 열화	○ 외부 도장탈락 및 부식 ○ 도장탈색, 먼지 쌓임	○ 부분적 박리, 탈락 등 손상	○ 온도를 고려한 여유량이 부족하지만 특별한 이상이 없음(신축장100 m 미만인 경우)
c	○ 균열이 심화되어 고무재가 갈라짐 ○ 전단변형량이 받침고무 두께의 0.7배(사용한계상태) 이상	○ 미끄럼판 부식 발생 ○ 부분적 변형, 고정장치 파손 및 이완	○ 받침 콘크리트에 0.3mm 이상 균열 발생 ○ 박리, 탈락 등 손상으로 지지단면 감소, 기능상 장애	○ 온도를 고려한 여유량이 부족하지만 특별한 이상이 없음(신축장100 m 이상인 경우)
d	○ 고무 본체의 보강 철판에 부식이 진행됨 ○ 측면 부풀어 고무재에 균열이 발생함 ○ 전단변형량이 받침고무 두께의 1.5배(극단상 황한계상태) 이상 ○ 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 미만	○ 받침 본체 파손 ○ 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 미만	○ 받침 콘크리트 파손 및 하부공동으로 받침의 탈락 및 침하 발생 가능성 있음	○ 받침의 신축기능 불량
e	○ 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 이상	○ 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 이상	—	○ 받침의 신축기능 불량으로 본체 및 거더(바닥판) 등 주변부재에 파손 발생 ○ 받침의 작동불능 상태

< 해 설 >

- 본 상태평가기준은 강재 및 탄성받침의 상태평가에 적용하며, 기타 특수받침의 경우에도 본 상태평가기준을 준용한다.
- 받침 본체와 가동 여유량의 상태평가기준 범위는 “a~e”를 유지하고, 받침콘크리트는 본체에 비하여 중요도가 낮으므로 “a~d”로 한다.

12) 신축이음

[표 1.23] 신축이음 상태평가기준

기준	본 체	후타재	가동 여유량
a	○ 없음	○ 양호	○ 온도와 설계기준에 따른 여유량을 확보하고 차량 통행과 상부 구조물에 영향이 없음
b	○ 토사, 이물질 퇴적 ○ 고무판 노화	○ 미세균열 발생	○ 온도를 고려한 여유량은 만족하지만, 설계기준에 따른 여유량을 미확보
c	○ 물받이 미설치 또는 파손으로 인한 누수 ○ 유간사이 이물질로 기능불량, 고무판 마모, 국부적인 부식 등의 열화 ○ 고무판 균열, 볼트 또는 너트의 부분 탈락 ○ 누수로 인하여 신축이음 하부의 받침 및 코핑부에 이물질 퇴적 및 부식발생	○ 균열이 50cm이하의 간격으로 발생 ○ 국부적인 박리, 박락, 파손	○ 온도를 고려한 여유량이 부족하지만 특별한 이상이 없음
d	○ 강판유동 및 연결불량으로 이상음 발생 ○ 신축이음 본체 탈락, 파손 및 작동 불능	○ 신축이음의 심한 파손 및 단차로 인하여 차량통행시 충격발생 ○ 파손 범위가 후타재 폭 이상으로 큼	○ 신축유간의 밀착으로 인한 거동불량 ○ 신축유간이 넓어 차량통행에 지장 초래 ○ 여유량 부족으로 교대 및 이웃된 경간에 접해 있는 상태
e	—	—	—

< 해 설 >

- 본 상태평가기준은 모든 신축이음의 상태평가에 적용한다.
- 기타부재인 신축이음의 상태평가기준 범위를 “a~d”로 한다.
- 신축이음 본체 하부의 전체적인 부식 및 변형이 발생하는 경우 “d”로 평가하며, 긴급보수·보강을 실시한다.
- 후타재 균열이 300mm이하의 간격으로 발생하거나, 전반적인 파손과 단차가 발생하면 평가를 “d”로 한다.

13) 교면포장

[표 1.24] 아스팔트 콘크리트 교면포장 상태평가기준

기준	포장불량 ¹⁾		배 수
a	○ 없음	○ 없음	○ 없음
b	○ 포장불량률 5%미만	○ 포장손상이 미미하여 차량 주행에 영향이 없는 상태	○ 배수경사 및 배수시설 불량에 의한 부분적인 물고임이 발생한 상태
c	○ 포장불량률 5%이상~10%미만	○ 포장손상으로 인하여 차량의 통행에 영향을 미치는 상태	○ 배수경사 및 배수시설 불량에 의한 물고임 발생으로 주행성을 저하시키는 상태
d	○ 포장불량률 10%이상	○ 포장손상이 심하여 전반적인 보수가 필요하거나 재포장을 고려해야하는 상태	○ 배수불량에 의한 물고임으로 통행차량의 안전성이 저하되는 상태
e	—	—	—

< 해 설 >

- 본 상태평가기준은 아스팔트 콘크리트 교면포장 상태평가에 적용한다.
- 교면포장의 상태평가기준 범위를 “a~d”로 한다.
- 포장불량률은 균열발생부, 표면이 노화되어 마모된 부분, 상온형 아스콘 등으로 임시보수된 부분 등의 면적을 전부 더한 값을 경간면적으로 나눈 비율이다.
- 평가기준 “d”는 균열을 포함하여 포장불량이 10%이상인 상태로 전반적인 보수가 필요하거나 또는 재포장을 고려해야하는 상태로 평가하며, 캔틸레버부 상면에 뚜렷한 폭의 균열(5mm 이상) 발생, 교축 방향 연속적인 균열 발생, 교면 포장 보수 또는 재포장 후 기존 손상과 유사한 손상이 지속 발생하는 경우 등에 해당하면 [표 1.11의2] 콘크리트 바닥판 상세조사 상태평가를 실시하여야 한다.
- 필요시 관리주체는 포장부에 대한 코어시험 및 GPR탐사 등을 추가과업으로 실시할 수 있으며, 책임 기술자는 시험 및 탐사결과와 상태평가 결과를 종합적으로 분석하여 보수 또는 재포장 여부 등을 결정할 수 있다.
- 선택과업(코어시험, GPR탐사 등)은 책임기술자의 기술적인 판단에 따라 관리주체의 승인을 받아 실시한다.
- 이때, 선택과업(코어시험, GPR탐사 등)에 대한 비용산정은 지침에 따라 실비로 계상한다.

▷ 코어시험	○포장 균열부의 깊이, 방수층 손상, 콘크리트 상판 손상 등 확인
▷ GPR탐사	○포장 두께, 공동, 체수 여부 등 취약부위의 확인

[표 1.25] 시멘트 콘크리트 교면포장 상태평가기준

기준	포장불량 ¹⁾		배 수
a	○ 없음	○ 없음	○ 없음
b	○ 포장불량률 10%미만	○ 포장손상이 미미하여 주행에 영향이 없는 상태	○ 배수경사 및 배수시설 불량에 의한 부분적인 물고임이 발생한 상태
c	○ 포장불량률 10%이상~30%미만	○ 포장손상으로 인하여 차량의 통행에 영향을 미치는 상태	○ 배수경사 및 배수시설 불량에 의한 물고임 발생으로 주행성을 저하시키는 상태
d	○ 포장불량률 30%이상	○ 포장손상이 심하여 전반적인 보수·보강이 필요하거나 재포장을 고려해야하는 상태	○ 배수불량에 의한 물고임으로 통행차량의 안전성이 저하되는 상태
e	—	—	—

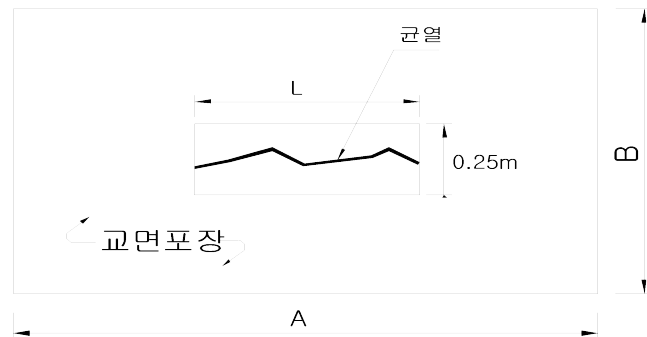
< 해 설 >

- 본 상태평가기준은 시멘트 콘크리트 교면포장 상태평가에 적용한다.
- 교면포장의 상태평가기준 범위를 “a~d”로 한다.
- 포장불량률은 균열발생부, 표면이 노화되어 마모된 부분, 상온형 아스콘 등으로 임시보수된 부분 등의 면적을 전부 더한 값을 경간면적으로 나눈 비율이다.
- 평가기준 “d”는 균열율을 포함하여 포장불량률이 30%이상인 상태로 전반적인 보수가 필요하거나 또는 재포장을 고려해야하는 상태로 평가하며, 캔틸레버부 상면에 뚜렷한 폭의 균열(0.5mm 이상) 발생, 교축방향 연속적인 균열 발생, 교면 포장 보수 또는 재포장 후 기존 손상과 유사한 손상이 지속 발생하는 경우 등에 해당하면 [표 1.11의2] 콘크리트 바닥판 상세조사 상태평가를 실시하여야 한다.
- 필요시 관리주체는 포장부에 대한 코어시험 및 GPR탐사 등을 추가과업으로 실시할 수 있으며, 책임 기술자는 시험 및 탐사결과와 상태평가 결과를 종합적으로 분석하여 보수 또는 재포장 여부 등을 결정할 수 있다.
- 선택과업(코어시험, GPR탐사 등)은 책임기술자의 기술적인 판단에 따라 관리주체의 승인을 받아 실시한다.
- 이때, 선택과업(코어시험, GPR탐사 등)에 대한 비용산정은 지침에 따라 실비로 계상한다.

▷ 코어시험	○포장 균열부의 깊이, 방수층 손상, 콘크리트 상판 손상 등 확인
▷ GPR탐사	○포장 두께, 공동, 체수 여부 등 취약부위의 확인

주1) 균열률 산정 방법

■ 1방향 균열인 경우

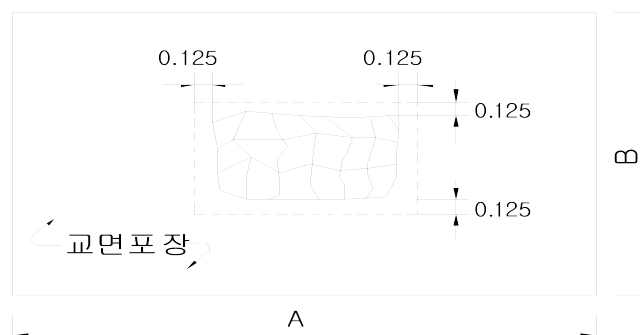


- 균열발생 면적은 길이 당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 하며, 균열의 개수가 2개 이상인 경우는 각 균열 길이에 0.25m의 폭을 곱해서 합산하여 구한다.
- 1방향 균열 포장불량률 산정은 다음 식과 같다.

$$\frac{\sum \text{균열발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\sum \text{균열길이}(L) \times 0.25}{A(m) \times B(m)} \times 100 = \%$$

- 여기서, 조사단위 면적은 바닥판 한경간의 면적을 말한다.

■ 2방향 균열인 경우



- 균열발생 면적은 균열부위를 가로,세로의 최외측 균열을 경계로 사각형으로 구획한 후, 점선 내면면적인 (가로길이+0.25m)×(세로길이+0.25m)로 구한다.
- 2방향 균열 포장불량률 산정은 다음 식과 같다.

$$\frac{\sum \text{균열발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\sum \text{균열발생면적}(m^2)}{A(m) \times B(m)} \times 100 = \%$$

- 여기서, 조사단위 면적은 바닥판 한 경간의 면적을 말한다.

주2) 포장불량률 산정 방법

- 포장불량률은 1·2방향 균열면적률 및 그 외 손상면적률을 전부 더한 값을 말한다.
- 포장불량률 = 1·2방향 균열면적률(%) + 그 외 손상면적률(%) = 포장불량률(%)

14) 배수시설

[표 1.26] 배수시설 상태평가기준

기준	상태기준 설명
a	○ 양호
b	○ 다소의 퇴적물이 있으나 배수에는 이상 없음
c	○ 배수시설의 상태불량, 길이부족 ○ 많은 퇴적물, 누수 ○ 누수로 인하여 구조물 부식 발생 ○ 배수관 유출구 위치가 부적절하여 하부통행에 따른 위험 초래
d	○ 파손이나 노후화로 인하여 재설치가 필요한 상태
e	—

< 해 설 >

- 본 상태평가기준은 모든 배수시설의 상태평가에 적용한다.
- 기타부재인 배수시설의 상태평가기준 범위를 “a~d”로 한다.
- 평가기준 “d”는 파손이나 노후화로 인하여 재설치가 필요한 상태로 정의한다.
- 한 공간에 두 개 이상의 배수시설이 있는 경우 각 배수시설의 평가기준 중 최저값을 배수시설의 평가결과로 한다.

15) 난간 및 연석

[표 1.27] 난간 및 연석 상태평가기준

기준	강 재		콘크리트
a	○ 양호	○ 양호	○ 양호
b	○ 도장 불량 10%미만	○ 고정장치 및 연결재의 이완이 국부적 발생	○ 경미한 손상, 0.3mm미만 균열
c	○ 도장 불량 10%이상 ○ 부식으로 인한 단면 손상 10%미만	○ 파손 및 탈락 10%미만	○ 0.3mm이상 균열 ○ 박리, 파손, 철근노출 10% 미만 ○ 철근부식손상 길이 2% 미만
d	○ 부식으로 인한 단면 손상 10%이상	○ 파손 및 탈락 10%이상 ○ 낙석으로 인한 손상발생 ○ 고정부 열화 및 손상으로 인한 전도의 위험이 있음	○ 박리, 파손, 철근노출 10% 이상 ○ 철근부식손상 길이 2% 이상
e	—	—	—

< 해 설 >

- 본 상태평가기준은 강재 및 콘크리트 난간 및 연석을 포함하여 모든 난간과 연석의 상태평가에 적용한다.
- 기타부재인 난간과 연석의 상태평가기준 범위를 “a~d”로 하며, 점검단위는 부재의 길이로 한다.
- 중앙분리대, 방호벽, 방음벽(방음판을 제외한 방음벽 전체)의 상태평가 시 난간 및 연석의 평가기준을 적용한다.
- 강재의 경우 도장 변색 및 손상 점검길이의 10%이상 즉, 단면 결손으로 차량이나 사용자에게 위험 가능성이 있는 상태의 기준은 “c”로 평가한다.
- 콘크리트는 0.3mm이상의 균열이 발생할 경우 평가기준은 “c”로 평가하며, 보수 및 보강을 실시한다.

16) 탄산화

[표 1.28] 탄산화 상태평가기준

기준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	○ 30mm이상	탄산화에 의한 부식발생 우려 없음
b	○ 10mm이상 ~ 30mm미만	향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음
c	○ 0mm이상 ~ 10mm미만	탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음
d	○ 0mm미만	철근부식 발생 조건 만족
e	○ 0mm미만	철근부식도 조사 등을 통해 철근부식 발생 확인

※ 일본구조물진단기술협회 「비파괴시험을 이용한 토목 콘크리트구조물의 건전도 진단 매뉴얼」 (2003년)

< 해 설 >

- 탄산화 깊이에 대한 평가는 철근으로부터 탄산화의 남은 깊이를 지표로 하여 탄산화에 의한 강재부식 가능성을 나타낸 것으로 탄산화에 의한 단독 열화에 대하여 적용한다.
- 콘크리트 품질평가기준인 탄산화는 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목을 고려하여 상태평가기준 범위를 “a~e”로 한다.
- 탄산화 조사는 상·하부구조로 구분하여 [공통편] 부록 1의 콘크리트 탄산화 깊이 측정에 따라 시행하며, 시험개소별로 평가한다.
- 철근의 피복은 조사 위치에서의 실측치를 기준으로 하며, 철근피복조사를 실시하지 않은 경우는 설계도의 수치를 따른다.
- 탄산화 잔여 깊이가 0mm미만일 경우 철근부식도 조사 등을 실시하여 철근부식 발생여부를 확인하여야 한다. 철근부식이 발생하지 않은 경우 d, 철근부식 발생을 확인한 경우 e로 한다.
- 탄산화 상태평가기준 결과 e에 해당하면 1.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

17) 염화물

[표 1.29] 염화물 상태평가기준

기준	전염화물 이온량	철근부식의 가능성
a	○ 염화물 $\leq 0.3\text{kg/m}^3$	염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	○ $0.3\text{kg/m}^3 < \text{염화물} < 1.2\text{kg/m}^3$	염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성 낮음
c	○ $1.2\text{kg/m}^3 \leq \text{염화물} < 2.5\text{kg/m}^3$	향후 염화물에 의한 부식발생 가능성 높음
d	○ 염화물 $\geq 2.5\text{kg/m}^3$	철근부식 발생 조건 만족
e	○ 염화물 $\geq 2.5\text{kg/m}^3$	철근부식도 조사 등을 통해 철근부식 발생 확인

※ 일본구조물진단기술협회 「비파괴시험을 이용한 토목 콘크리트구조물의 건전도 진단 매뉴얼」 (2003년)

< 해 설 >

- 채취 코어의 전염화물 이온 시험결과에서 염화물에 의한 강재부식 가능성을 평가한다.
- 콘크리트 품질평가기준인 염화물 함유량은 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목을 고려하여 상태평가기준 범위를 “a~e”로 한다.
- 염화물 함유량 분석은 철근 깊이까지 깊이별(10mm ~ 20mm)로 단계를 구분하여 염화물 분포를 파악함을 원칙으로 하며, 염화물 이온농도의 분포를 도시한다.
- 염화물 함유량 분석은 상·하부구조로 구분하여 KS F 2713(2002)의 산-가용성 염화물시험 규격에 따라 시행하며, 시험개소별로 평가한다.
- 전염화물 이온량이 2.5kg/m^3 이상일 경우 철근부식도 조사 등을 실시하여 철근부식 발생여부를 확인하여야 한다. 철근부식이 발생하지 않은 경우 d, 철근부식 발생을 확인한 경우 e로 한다.
- 염화물 상태평가기준 결과 e에 해당하면 1.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

18) 월류(여유고 조사)

[표 1.30] 월류(여유고 조사) 상태평가기준

기준	여유고 검토 ¹⁾	유송잡물 ²⁾
a	○여유고를 확보한 상태	○교량 계획고에 유송잡물이 없는 상태
b	—	—
c	○여유고를 미확보한 상태	○교량 계획고에 유송잡물이 있으며 월류 이력 ³⁾ 및 흔적 없는 상태
d	—	—
e	○월류하는 상태	○교량 계획고에 유송잡물이 있으며 월류 이력 ³⁾ 및 흔적 있는 상태

주1) 여유고 검토는 하천교량을 대상으로 실시하며, 하천기본계획상 관련 자료가 있을 시 이를 활용하여 평가할 수 있다.

주2) 계획홍수위 확인이 불가능한 경우, 유송잡물 적치 위치 및 시설물 상태 등을 확인하여 여유고 확보 유무를 추정하고 그 결과를 ‘월류(여유고 조사)’ 결과로 한다.

주3) 월류 이후 보수·보강을 통해 여유고를 확보하게 되었다면, 월류 이력이 없는 것으로 한다.

< 해설 >

- 여유고 검토를 위한 교량의 계획고란 교각이나 교대에서 교량상부구조를 받치고 있는 교좌장치 하단부의 높이를 뜻하며 교좌장치가 콘크리트에 묻혀 있을 경우에는 콘크리트 상단높이를 말한다.
- 교좌 장치가 있는 교량의 여유고는 계획홍수위로부터 교각 또는 교대의 교좌 장치 하단부까지의 높이를 비교·검토한다.
- 라멘형 교량의 여유고는 계획홍수위로부터 교량 상부 슬래브 현치 상단까지의 높이를 비교·검토한다.
- 아치형 교량의 여유고는 통수단면적을 등가환산하여 여유고를 만족시키는 높이를 비교·검토한다.
- 잠수교 등 설계 시 월류가 의도된 시설물의 경우, 해당 상태평가 기준을 적용하지 않을 수 있다.

다. 공중이 이용하는 부위 상태평가기준

1) 추락방지시설

기준	상태기준 설명
a	○ 손상 및 결함 등이 없는 최상의 상태
b	○ 추락방지시설에 경미한 결함 및 파손이 발생하였으나, 기능에는 문제가 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 상태
c	○ 추락방지시설에 결함 및 파손으로 인하여 기능에 일부 문제가 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태
d	○ 고정부 및 연결부 파손 등으로 인해 추락방지시설의 전도 및 이탈이 발생 할 수 있어 즉각적인 보수·보강이 필요한 상태
e	○ 추락방지시설의 전반적 기능저하로 사용자의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지해야 하는 상태

2) 도로포장

기준	상태기준 설명
a	○ 포장상태가 최상으로 차량의 주행에 문제가 없는 상태
b	○ 포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생된 상태로 차량주행에 문제는 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
c	○ 포장 결함 및 파손이 차량에 직접적인 파손을 유발할 정도는 아니나 차량 운전자에게 불쾌감을 유발할 수 있어 간단한 보수가 필요한 상태
d	○ 깊이 8cm이상의 포트홀에 의해 차량에 심각한 손상이 발생할 수 있어 즉각적인 보수가 필요한 상태 ○ 배수불량으로 인한 주행차로 상시 물고임으로 통행차량의 안전성 저하가 우려되는 상태
e	○ 도로포장 결함 및 파손 정도가 심각하고 차량주행이 불가하여 차량통행 제한 및 사용금지가 필요한 상태

3) 도로부 신축이음부

기준	상태기준 설명
a	○ 신축이음부에 손상이 없는 상태
b	○ 신축이음 본체의 토사 및 이물질 퇴적, 고무판 노후, 후타재의 미세균열이 발생된 상태로 기능발휘에는 지장이 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
c	○ 신축이음 본체의 유간사이 이물질로 기능불량, 고무판 마모, 국부적인 부식 등의 열화가 발생한 상태 또는 후타재의 균열이 50cm이하의 간격으로 발생하거나, 국부적인 박리, 박락, 파손이 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태
d	○ 신축유간 밀착으로 인한 거동불량 또는 신축유간이 넓어 차량통행에 지장을 초래할 수 있어 교체가 필요한 상태 ○ 신축이음의 파손 상태가 심각하여 차량통행 시 충격이 발생하는 등 긴급한 보수·보강이 필요한 상태
e	○ 신축이음부 본체 탈락으로 차량주행 시 파손을 유발하거나, 주행 중 사고의 원인이 될 수 있는 상태

4) 환기구 등의 덮개

기준	상태기준 설명
a	○ 환기구 등의 덮개가 최상의 상태
b	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없고 기능성에 문제가 없는 상태 ○ 기능성에 문제가 없어 결함 및 파손에 대해 지속적 관찰이 필요한 상태
c	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능에 일부 문제가 발생하여 보수가 필요한 상태
d	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능이 상실되어 국부적인 교체 및 보강이 필요한 상태
e	○ 결함 및 파손 정도가 심각하거나 덮개 등이 탈락된 상태

라. 구조형식에 따른 부재별 가중치

[표 1.31] 구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치

구분	결합도 평가항목	슬래브 교량	거더교량							라멘교		
			일반 거더교			바닥판·거더 일체형		아치, 트러스		거더 없음	거더있음 (복개구조물)	
			일반	2차부재 없음	바닥판 없음	강 바닥판	PSC 박스	콘크리트 바닥판	강 바닥판			
상부	바닥판	34	18	18	—	20	20	15		34	20	21
	주 형	—	20	25	37	18	20	23		—	21	23
	2차부재	—	5	—	11	5	3	5		—	5	—
하부	교대/교각	24	16	16	22	16		16		34	22	24
	기초	21	21	21	21	21		21		21	21	21
받침	교량받침	10	9	9	14	9		9		3	3	3
기타	신축이음	10	9	9	—	9		9		3	3	3
	교면포장	7	7	7	—	7		7		7	7	7
	배수시설	3	3	3	—	3		3		3	3	3
	난간/연석	2	2	2	6	2		2		2	2	2
재료 시험	탄산화/ 염화물/ 유훈 (여유고)	7	7	7	7	7		7		7	7	7
합계		118	117	119	118	117		117		114	114	114

< 해 설 >

- 기둥, 거더 및 슬래브로 구성된 복개구조물은 거더가 있는 라멘교에 준해서 평가하며, 박스형 복개구조물은 터널시설물의 상태평가기준에 따라 평가한다.
- 교량받침이 없는 라멘교의 경우, 교량받침에 할당된 가중치를 바닥판, 거더, 교대/교각의 가중치에 균등하게 배분한다.
- 아치트러스에서 바닥판이 없는 경우, 거더와 2차부재에 가중치를 균등하게 배분한다.
- 기타시설물(신축이음, 교면포장, 배수시설, 난간/연석)이 없는 경우, 기타시설물에 할당된 가중치는 바닥판의 가중치에 포함시킨다.
- 기초에 대한 평가가 수행되지 않았을 경우, 기초에 할당된 가중치는 교대/교각의 가중치에 포함시킨다.
- 하천교량의 경우 기초의 가중치를 10% 할증할 수 있다.
- 일반적인 구조형식에 포함되지 않은 구조형식의 경우 [표 1.31], [표 1.32]를 인용하여 부재별 가중치에 대한 세부내역 및 사유를 수록한다.
- 재료시험은 수행한 결합도 평가항목 중 최저등급의 결합도지수에 가중치를 적용한다.

[표 1.32] 구조형식에 따른 케이블교량의 부재별 가중치

구분	결함도 평가항목	현수교		사장교		엑스트라도즈드교	
		일반 거더형	보강형, PSC거더형	일반 거더형	보강형, PSC거더형	일반 거더형	PSC거더형
상부	케이블	25	25	23	23	20	20
	바닥판	8	—	9	—	10	—
	거 더	8	20	9	22	10	25
	2차부재	4	—	4	—	5	—
하부	주탑	13		13		6	
	보조주탑	5		5		12	
	교대(앵커블럭)	10		8		8	
	교각	—		3		3	
	기초	12		12		12	
받침	교량받침	5		5		5	
기타	신축이음	5		5		5	
	교면포장	4		4		4	
	배수시설	2		2		2	
	난간/연석	2		2		2	
재료 시험	탄산화/ 염화물/ 윌류 (여유고)	7		7		7	
합계		110		111		111	

< 해 설 >

- 케이블의 구조적 기여도는 현수교>사장교>엑스트라도즈드교의 순이며, 거더의 기여도는 이와는 반대로 현수교<사장교<엑스트라도즈드교 순이다.
- 상기 표에서 일반거더형이라 함은 바닥판과 거더가 구분되어 있는 교량을 말하며, 보강형과 PSC박스는 박스단면의 상부플랜지가 바닥판의 역할을 하는 폐합된 거더의 형태를 말한다.
- 일반거더형 케이블 교량의 경우 바닥판과 거더는 일반교량의 바닥판과 거더의 상태평가기준에 준하여 평가하고, 보강형은 강거더, PSC 박스는 PSC 박스거더 부재의 상태평가기준에 준하여 평가한다. 또한, 보강형 내부의 격벽은 강재 가로보의 상태평가기준에 준하여 평가한다.
- 상기 표에서 교각이라 함은 하부구조물 중에서 주탑, 앵커블록 및 교량 양단부의 교대(교각)를 제외하고 케이블 교량구간에 추가로 설치된 교각을 말하며, 추가 설치된 교각이 없을 경우에는 교각의 가중치를 교대의 가중치에 포함한다.
- 보조주탑은 강주탑과 기초사이에 설치되어 주탑과 상부구조의 하중을 기초로 전달하는 콘크리트 기둥을 말하며, 콘크리트 교각(주탑)의 상태평가기준에 준하여 평가한다. 보조주탑이 없을 경우 보조주탑의 가중치를 주탑의 가중치에 포함한다.
- 기초에 대한 평가가 수행되지 않았을 경우, 기초에 할당된 가중치는 주탑(보조주탑이 있을 경우에는 보조주탑)과 교대/교각/앵커블록의 가중치에 균등 분배한다.
- 케이블교량 구간은 상부구조물의 하중이 케이블부재에 의하여 지지되는 구간까지를 말한다. 즉, 현수교의 주케이블이 일반교량 구간에 설치된 앵커블럭에 연결된 경우에는 거더가 행어 케이블에 의해 주케이블에 연결되는 구간까지를 현수교의 구간으로 정의한다.
- 케이블교량의 경우 상부구조물보다 하부구조물이 콘크리트로 시공되는 경우가 많으므로 일반 교량과는 달리 하부구조물에 대한 염화물의 가중치 비중을 높게 평가한다.
- 재료시험은 수행한 결함도 평가항목 중 최저등급의 결함도지수에 가중치를 적용한다.

1.4.2 상태평가결과 산정 방법

가. 시설물의 상태평가결과 결정

1) 1단계 : 경간(지점)별 부재 상태평가 산정

- ① 개별부재에서 발견된 결함 및 손상에 대하여 평가한 후 각 상태평가결과 중 최저값을 개별부재 상태평가결과로 산정한다.
- ② 한 경간 내에서 여러 부재가 있을 경우는 각 부재의 상태평가기준 중 최저값을 경간(지점) 상태평가결과로 산정한다.
- ③ 복개구조물은 바닥판의 장변방향으로 경간을 구분하고, 1경간의 길이는 약 50m 범위 또는 신축이음부를 경계로 경간을 구분하는 것으로 한다.

2) 2단계 : 구조형식별 상태평가결과 결정

- ① 구조형식이 같은 부재에 대해 부재별로 평균하여 부재 상태평가를 결정한다.
- ② 구조형식에 따른 부재별 가중치를 적용하여 환산 결함도 점수를 구한다. 환산 결함도 점수는 구조형식별 상태평가결과를 산정하기 위한 기준 값이며, [표 1.33]의 결함도 점수 범위에 따른 기준을 적용하여 구조형식별 상태평가결과를 구한다.
- ③ 조정할 수 없는 중대한 결함이 발생한 경우 상태평가결과는 중대한 결함이 발생한 부재의 상태평가결과 중 최저값을 적용하고 환산 결함도 점수는 [표 1.33]의 결함도 지수 값을 적용한다. 이후 중대한 결함이 발생한 부재의 환산 결함도 점수와 ①, ②를 통하여 결정된 환산 결함도 점수를 비교하여 불량한 상태의 기준을 상태평가결과로 결정한다.

3) 3단계 : 본교의 상태평가결과 결정

- ① 여러 구조형식이 복합적으로 구성되어 있는 경우 구조형식별 환산 결함도 점수, 상태평가결과, 연장 및 연장비를 구하고, 구조형식별 환산 결함도 점수와 연장비를 각각 곱한 후 그 값을 더하여 본교의 상태평가결과를 구한다.
- ② 일부 구조형식에 조정할 수 없는 중대한 결함이 발생한 경우, 상태평가결과는 중대한 결함이 발생한 구조형식의 상태평가결과 중 최저값을 적용한다. 이후 중대한 결함이 발생한 구조형식의 환산 결함도 점수와 ①을 통하여 결정된 환산 결함도 점수를 비교하여 불량한 상태의 기준을 상태평가결과로 결정한다.

4) 4단계 : 램프교, 접속교 등의 상태평가결과 결정

- ① 1~3단계의 방법을 적용하여 램프교, 접속교 등의 상태평가결과를 결정한다. 이때, 램프교의 경우 각각의 램프에 대해 별도로 평가하며 램프교 전체를 대표하는 상태평가결과는 산정하지 않는다.
- ② 경간 및 부재의 상태가 좋지 않은 경우 부가적인 설명을 명시한다.

5) 5단계 : 전체 시설물의 상태평가결과 결정

- ① 본교, 램프교, 접속교 각각의 상태평가결과에 연장비를 곱하여 전체 시설물 상태 평가결과를 산정한다. 이때 연장비는 연장(m)과 차로를 곱한 값으로 구한다.
- ② 조정할 수 없는 중대한 결함이 발생한 경우, 상태평가결과는 중대한 결함이 발생한 구분(본교, 램프교 등)의 상태평가결과 중 최저값을 적용한다. 이후 중대한 결함이 발생한 구분의 환산 결함도 점수와 ①을 통하여 결정된 환산 결함도 점수를 비교하여 불량한 상태의 기준을 상태평가결과로 결정한다.

[표 1.33] 결함도 점수 범위에 따른 기준

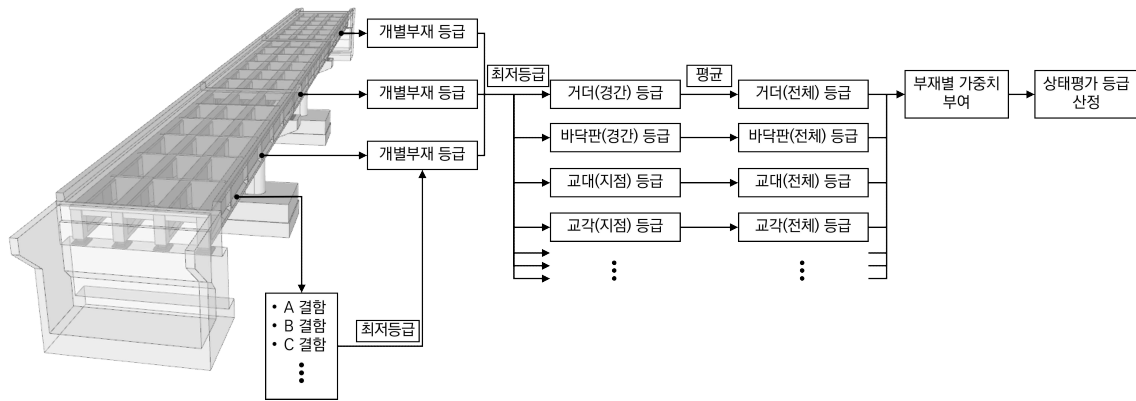
기준	A	B	C	D	E
결함도 지수	0.10	0.20	0.40	0.70	1.00
결함도 범위	$0 \leq X < 0.13$	$0.13 \leq X < 0.26$	$0.26 \leq X < 0.49$	$0.49 \leq X < 0.79$	$0.79 \leq X$

※ 조정할 수 없는 중대한 결함이 발생하여 시설물 상태평가 결과가 결정되는 경우 환산 결함도 점수는 중대한 결함이 발생한 부재의 상태평가 결과에 부합하는 결함도 지수를 적용한다.

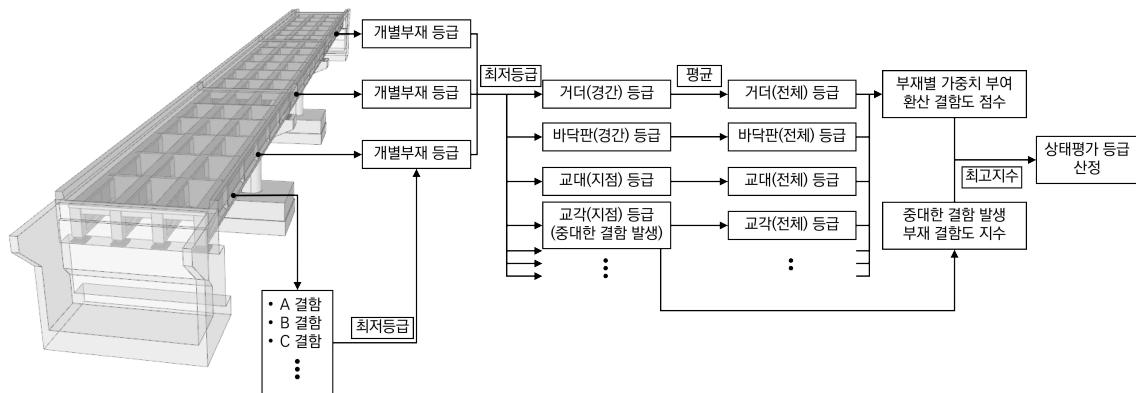
나. 상태평가결과 산정 예시

본교, 접속교, 램프교로 구성된 교량의 전체 상태평가결과 산정 사례를 예시를 들어 표현하였다.

본교는 강 거더교, 라멘교, PSC 박스교의 구조형식으로 되어있다.



[그림 1.1] 전체 교량의 상태평가결과 산정 방법 예



[그림 1.1의2] 전체 교량의 상태평가결과 산정 방법 예(조정할 수 없는 중대한 결함 발생)

1) 1단계 : 경간(지점)별 부재 상태평가 산정

1.4.2 가. 기본 시설물의 상태평가결과 결정 1단계에 따라 경간(지점)별 상태평가 결과를 산정한다.

2) 2단계 : 구조형식별 상태평가결과 결정

동일한 구조형식별로 분류한 후 부재별로 평균한다. 구조형식에 따른 가중치를 적용하여 환산 결함도 점수를 구한다.(소수 넷째 자리에서 반올림)

(가-1) 강거더교

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소		
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산 화	염화 물	여유 고
1	강거더교	b	b	b	c	b	a	c	c	b	Q	b	a	a
2	강거더교	b	a	b	c	c	a	X	c	a	Q	b	a	a
3	강거더교	a	a	b	c	c	a	c	c	a	Q	b	a	a
평균		0.17	0.13	0.20	0.40	0.33	0.10	0.40	0.40	0.13	0	0.20(최저)		
가중치		20	18	5	7	3	2	9	9	37	0	7		
(평균×가중치)/가중치 합		0.029	0.020	0.009	0.024	0.008	0.002	0.031	0.031	0.041	0	0.012		
													0.207	
													B	

조정할 수 없는 중대한 결함이 발생한 경우, 중대한 결함이 발생한 부재의 상태평가 결과 중 최저값과 (가-1) 과정을 통하여 결정된 환산 결함도 점수를 비교하여 불량한 상태의 기준을 상태평가결과로 결정한다.

(가-2) 강거더교(조정할 수 없는 중대한 결함 발생)

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소		
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산 화	염화 물	여유 고
1	강거더교	b	b	b	c	b	a	c	c	d	Q	b	a	a
2	강거더교	b	a	b	c	c	a	X	c	a	Q	b	a	a
3	강거더교	a	a	b	c	c	a	c	c	a	Q	b	a	a
평균		0.17	0.13	0.20	0.40	0.33	0.10	0.40	0.40	0.30	0	0.20(최저)		
가중치		20	18	5	7	3	2	9	9	37	0	7		
(평균×가중치)/가중치 합		0.029	0.020	0.009	0.024	0.008	0.002	0.031	0.031	0.095	0	0.012		
가중평균 결과 환산 결함도 점수 0.261 < 하부구조 결함도 지수 0.700													0.700	
가중평균 결과 전체 상태평가 등급 "C" < 하부구조의 상태평가 등급 "D"													D	

(나-1) 라멘교

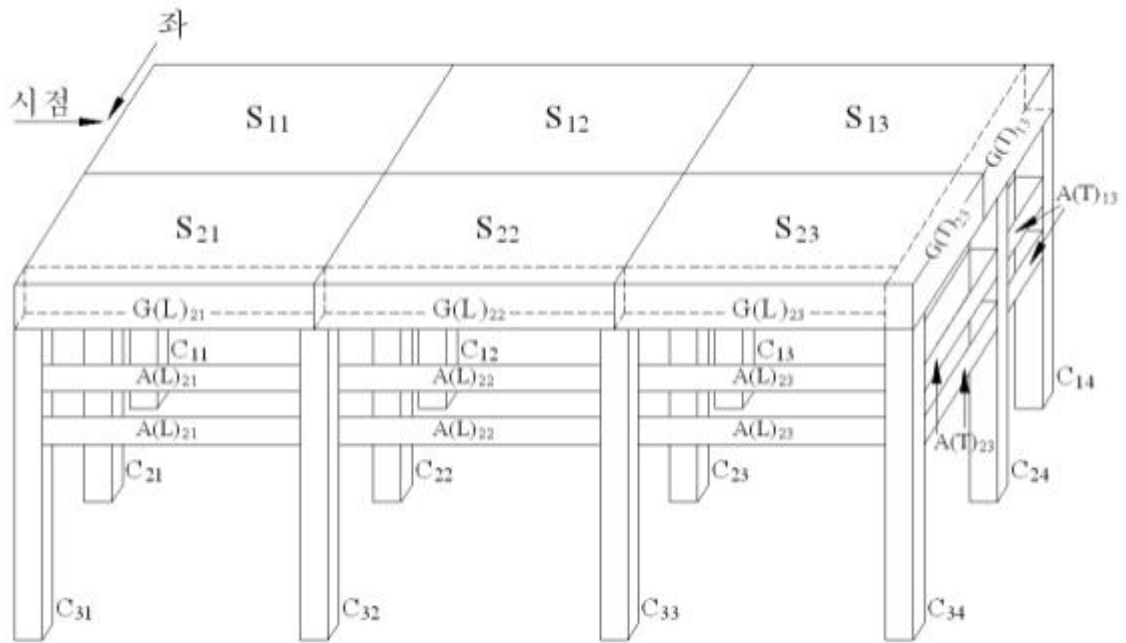
라멘교에서 거더와 가로보가 종방향과 횡방향으로 이루어진 경우에는 종방향과 횡방향의 거더 및 가로보를 평균하여 결과를 산정한다.

부재의 분류		상부구조			2차부재		기타부재				받침	하부구조		내구성 요소		
번호	구조 형식	바닥판	거더		가로보		포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산 화	염화 물	여유 고
			중	횡	중	횡										
11	라멘교	b	c	c	c	c	c	b	a	c	c	b	c	b	a	a
12	라멘교	b	b	c	c	b	c	c	b	c	b	b	c	b	a	a
13	라멘교	c	c	b	b	c	b	c	b	c	c	b	b	b	a	a
21	라멘교	b	b	c	b	c	c	b	b	c	b	b	b	b	a	a
22	라멘교	c	c	b	b	b	c	b	b	c	c	a	c	b	a	a
23	라멘교	c	c	c	c	d	c	c	a	c	c	c	b	b	a	a
평균		0.30	0.33		0.34		0.37	0.30	0.17	0.40	0.33	0.22	0.30	0.20		
가중치		20	21		5		7	3	2	3	3	22	21	7		
(평균×가중치) /가중치 합		0.053	0.061		0.015		0.023	0.008	0.003	0.011	0.009	0.042	0.055	0.012		
														0.292		
														C		

(나-2) 라멘교(조정할 수 없는 중대한 결함 발생)

조정할 수 없는 중대한 결함이 발생한 경우, (가-2)와 동일하게 적용한다.

부재의 분류		상부구조			2차부재		기타부재				받침	하부구조		내구성 요소		
번호	구조 형식	바닥판	거더		가로보		포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산 화	염화 물	여유 고
			중	횡	중	횡										
11	라멘교	b	c	c	c	c	c	b	a	c	c	b	c	b	a	a
12	라멘교	b	b	c	c	b	c	c	b	c	b	b	c	b	a	a
13	라멘교	c	c	b	b	c	b	c	b	c	c	b	b	b	a	a
21	라멘교	b	b	c	b	c	c	b	b	c	b	d	b	b	a	a
22	라멘교	c	c	b	b	b	c	b	b	c	c	a	c	b	a	a
23	라멘교	c	c	c	c	d	c	c	a	c	c	c	b	b	a	a
평균		0.30	0.33		0.34		0.37	0.30	0.17	0.40	0.33	0.30	0.30	0.20		
가중치		20	21		5		7	3	2	3	3	22	21	7		
(평균×가중치) /가중치 합		0.053	0.061		0.015		0.023	0.008	0.003	0.011	0.009	0.058	0.055	0.012		
가중평균 결과 환산 결함도 점수 0.308 < 하부구조 결함도 지수 0.700														0.700		
가중평균 결과 전체 상태평가 등급 “C” < 하부구조 상태평가 등급 “D”														D		



[그림 1.2] 라멘교의 부재 구성도

3) 3단계 : 본교의 상태평가결과 결정

(다-1) 본교 전체의 상태평가결과

본교 전체의 상태평가결과 산정은 구조형식별로 산정한 환산 결함도 점수에 연장비를 곱한 후 전체를 합하여 산정한다.

구 분	구조형식	환산 결함도 점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산 결함도점수 × 연장비
본교	강거더교	0.207	B	2,000	0.571	0.118
	라멘교	0.292	C	1,000	0.286	0.084
	PSC박스교	0.312	C	500	0.143	0.045
						0.246
						B

(다-2) 본교 전체의 상태평가결과(조정할 수 없는 중대한 결함 발생)

조정할 수 없는 중대한 결함이 발생한 경우, 중대한 결함이 발생한 구조형식의 상태평가결과 중 최저값과 (다-1) 과정을 통하여 결정된 환산 결함도 점수를 비교하여 불량한 상태의 기준을 상태평가결과로 결정한다.

구 분	구조형식	환산 결함도 점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산 결함도점수 × 연장비
본교	강거더교	0.700	D	2,000	0.571	0.400
	라멘교	0.700	D	1,000	0.286	0.200
	PSC박스교	0.312	C	500	0.143	0.045
환산 결함도 점수×연장비의 합 0.645 < 강거더교 환산 결함도 점수 0.700						0.700
연장비를 고려한 본교 상태평가 등급 "D" = 강거더교 상태평가 등급 "D"						D

4) 4단계 : 램프교, 접속교 등의 상태평가결과 결정

1.4.2 가. 기본 시설물의 상태평가결과 산정방법의 4단계에 따라 램프교, 접속교 등의 상태평가결과를 산정한다.

5) 5단계 : 전체 시설물의 상태평가결과 결정

(라-1) 전체 시설물의 상태평가결과

길이와 차로에 따른 가중치를 적용하여 본교와 접속교 및 램프교를 모두 포함한 최종 상태평가결과를 산정한다.

종류	구분	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	차로	길이 × 차로	연장비	환산결함도점수× 연장비
교량	본교	0.246	B	3,500	4	14,000	0.500	0.124
	접속교	0.266	C	3,000	4	12,000	0.429	0.114
	B램프교	0.187	B	200	2	400	0.014	0.003
	C램프교	0.236	B	100	2	200	0.007	0.002
	D램프교	0.625	D	100	2	200	0.007	0.004
	E램프교	0.285	C	300	2	600	0.021	0.006
	N램프교	0.176	B	200	2	400	0.014	0.002
	O램프교	0.294	C	100	2	200	0.007	0.002
								0.256
								B

(라-2) 전체 시설물의 상태평가결과(조정할 수 없는 중대한 결함 발생)

조정할 수 없는 중대한 결함이 발생한 경우, 중대한 결함이 발생한 구분의 상태평가 결과 중 최저값과 (라-1) 과정을 통하여 결정된 환산 결함도 점수를 비교하여 불량한 상태의 기준을 상태평가결과로 결정한다.

종류	구분	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	차로	길이 × 차로	연장비	환산결함도점수× 연장비
교량	본교	0.700	D	3,500	4	14,000	0.500	0.350
	접속교	0.266	C	3,000	4	12,000	0.429	0.114
	B램프교	0.187	B	200	2	400	0.014	0.003
	C램프교	0.236	B	100	2	200	0.007	0.002
	D램프교	0.625	D	100	2	200	0.007	0.004
	E램프교	0.285	C	300	2	600	0.021	0.006
	N램프교	0.176	B	200	2	400	0.014	0.002
	O램프교	0.294	C	100	2	200	0.007	0.002
환산 결함도 점수×연장비의 합 0.483 < 본교 환산 결함도 점수 0.700								0.700
가중평균 결과 전체 시설물 상태평가 등급 “C” < 본교 상태평가 등급 “D”								D

1.5 안전성평가기준 및 방법

1.5.1 일반

안전성평가항목별 평가방법은 정량적으로 평가하기 어렵거나 또한 다양한 경우가 대부분이므로 상호의 평가결과를 비교하는 것이 필수적이다.

본 장에 기술되지 않은 평가항목으로서 시설물의 안전에 미치는 영향이 크다고 판단될 경우에는 본 장에 기술된 것과 같이 안전성평가기준을 제시하고 의견서를 첨부하여 시설물의 평가에 반영할 수 있다.

또한 시설물의 특성 및 제반 여건 등을 고려하여 적절히 응용할 수 있다.

1.5.2 안전성평가기준

구조물의 안전성평가는 주요 구조부재의 정밀외관조사, 비파괴 현장시험 및 재료시험의 결과를 토대로 종합적으로 이루어져야 한다. 현재 도로교와 철도교는 강교의 경우 허용응력 설계법과 한계상태설계법, 콘크리트교는 강도설계법과 한계상태설계법으로 설계되고 있다..

안전성 검토는 대상 교량의 설계개념을 따라 일관성이 유지되도록 평가하는 것을 원칙으로 하고, 관리주체(또는 책임기술자)가 최신 설계개념을 적용하여 안전성 검토를 실시하고자 할 때는 기존 설계법의 검토사항을 변경된 설계법에 동일하게 반영하여 평가결과를 검토하여야 한다.

또한 교량의 안전성평가는 내하력평가 개념으로 규정되어 왔으나 내하력은 활하중 여유도로서 하중비에 따라 내하력의 변동폭이 크게 변하므로 교량의 안전성을 일관되게 평가하는 기준으로 적절하지 못하다.

따라서 안전성평가는 교량의 안전율 개념을 도입하여 평가하였다. 그러나 안전율이 0.9에서 1.0 사이에 있어 재하시험에 의한 공용내하력 평가를 실시한 경우 공용내하력 산정결과에 따라 안전성과를 산정한다. 「법」 제12조제4항에 따라 내진성능평가를 실시할 경우 세부 지침 부록 1. 내진성능평가 공통적용사항과 부록 2. 내진성능평가 세부지침(교량) 등에 따라 시설물의 내진성능을 만족시키도록 내진성능평가를 수행하며, 관련 문헌을 참고할 수 있다.

[표 1.34] 구조물의 안전성평가기준

기준	안전성평가기준	비 고
A	$SF > 1.0$	◦허용응력설계법
B	$0.9 \leq SF < 1$ 이나, 공용내하력이 설계하중보다 크게 평가된 경우	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}}$
C	$0.9 \leq SF < 1$	◦강도설계법
D	$0.75 \leq SF < 0.9$	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi Mn}{M}$
E	$SF < 0.75$	◦한계상태설계법 $SF(\text{안전율}) = \frac{\text{평가저항영향}}{\text{하중영향효과}} = \frac{R_a}{U_a}$

1.5.3 안전성평가 산정 방법

가. 안전성평가의 고려사항

1) 상부구조의 고려사항

상부구조의 안전성평가 시 설계 및 기존의 평가에 적용된 설계법을 확인하고, 다음 사항을 충분히 고려하여 엄밀한 판정이 되도록 한다.

- 콘크리트 및 강재 등 재료의 실제강도
- 균열, 박리, 박락, 층분리
- 강재, 철근, 프리스트레싱 긴장재의 부식
- 구조부재의 실제단면적과 철근의 위치
- 처짐
- 볼트, 리벳, 용접 등 연결부위의 상태
- 신축 이음부와 받침부의 구속력

장교의 경우, 교량에 발생하는 결함 및 손상의 대부분이 용접부 및 절취부 등의 불연속면에 작용하는 응력집중에 의한 국부적인 추가손상 및 피로파손에 기인하므로 피로응력에 대한 평가를 필요로 하는 경우가 있다.

특히 철도교는 도로교와 달리 설계하중에 가까운 큰 하중이 통과하는 횡수가 많은 것이 특징으로 실동응력 범위가 커짐으로 인해 피로에 대한 고려가 필수요건이 된다.

2) 하부구조의 고려사항

교량의 안전성에 영향을 주는 모든 하부구조 부재의 불안정한 흔적에 대하여 특별히 관리를 하여야 하며, 하부구조의 평가는 설계 및 기존의 평가에 적용된 설계법을 확인하고 정확한 공학적 판단 하에 실시한다. 하부 구조물의 적정성 여부는 준공도면, 시공도면, 구조 계산, 점검 결과 및 기타 적절한 자료를 토대로 한다. 교각 및 교대를 포함한 하부구조는 상부구조를 지지할 수 있는 최소한의 안전성 확보 유무가 점검되어야 하며, 우물통과 교각기초 사이의 거동, 기초가 암반에 근입된 상태, 교대의 부등침하, 전방이동 등을 고려한다.

3) 여유도가 없는 구조물 (Nonredundant Structure)

구조물에는 부분적인 부재의 파괴가 교량 전체의 붕괴를 일으킬 것으로 예상되는 주요구조부재가 존재한다. 이러한 구조물의 안전성평가 시에는 이들 여유도가 없는 부재에 특별히 유의한다.

4) 복잡한 구조물

본 「세부지침」은 국내에 일반적으로 사용되는 교량형식의 평가에 이용함을 목적으로 하기 때문에 현수교, 사장교, 곡선 거더교, 아치, 연속트러스 및 변단면 거더교량과 같이 복잡한 구조물의 안전성검토에는 특별한 해석법 및 절차를 필요로 하며, 사교의 경우에는 부반력도 검토한다.

5) 한계상태설계법

한계상태설계법을 통해 안전율을 산정하기 위해서는 사전에 적용하고자 하는 설계기준 및 설계법을 검토하여, 평가에 적용하는 설계기준 및 설계법이 일관성을 가지도록 한다.

또한, 현장조사 및 재료시험 결과를 통해 현재의 상태, 즉 설계시와 변동된 하중, 사용재료의 강도 및 허용응력, 단면 손실 및 손상, 열화 등을 반영하여야 하며, 구조해석에 반영되는 단면제원 및 재료강도, 안전계수(하중, 저항 재료계수) 등 관련 평가 관련 계수들의 불확실성을 종합적으로 고려하여 도로교설계기준 등 관련 기준의 규정에 따라 결정한다.

교량부재의 안전율은 적용하고자 하는 설계기준 및 설계법에 따라 평가저항과 평가하중효과를 산정한 후 다음 식으로 계산한다.

$$\circ \text{ 안전율(SF)} = \frac{R_A}{U_A} = \frac{\phi_A(\phi R_i)}{\sum \gamma_A \gamma U_i}$$

여기서, R_A = 부재단면의 평가저항

U_A = 부재에 작용하는 평가하중효과

ϕ = 설계기준에 규정된 저항하중계수(허용응력설계법 = 1.00)

γ = 설계기준에 규정된 하중계수

ϕ_A = 평가저항 수정계수(허용응력 및 강도설계법 = 1.00)

γ_A = 평가하중 수정계수(허용응력 및 강도설계법 = 1.00)

R_i = 공칭저항

U_i = 공칭하중효과

나. 내하력평가

1) 허용응력법에 의한 공용내하력 평가

(가) 내하율의 평가

허용응력법에 의한 교량부재의 내하율 산정 시에 하중조합으로는 $D+L(1.0+i)$ 를 사용하므로 하중계수는 각각 1.0이 된다.

사용재료의 허용응력은 강재의 경우 사용재료에 따른 항복응력을 사용하여 건설기준 코드(구 도로교 설계기준, 철도 설계기준) 규정에 의거 부재종류에 따라 결정한다.

고정하중과 활하중에 의한 응력은 대상 부재단면에 있어서 철근 및 강재부식, 콘크리트의 탄산화, 염해, 동해 등에 의한 강도저하와 단면손실 등을 고려하여 계산한다. 이때 고정하중은 현재 교량에 작용하고 있는 모든 고정하중을 가능한 한 정확히 고려한다. 활하중은 현행 건설기준코드(구 도로교 설계기준, 철도 설계기준)의 설계활하중을 사용한다.

허용응력법에 의한 내하율은 강 부재의 내하력 산정 시 적용하는 것이 바람직하며, 허용응력법에 의한 교량부재의 내하율은 다음 식으로 계산한다.

$$\circ \text{ 내하율(RF)} = \frac{f_a - f_d}{f_l(1+i)}$$

여기서, f_a = 실측 허용응력

f_d = 실측 고정하중에 의한 응력

f_l = 설계 활하중 (도로교의 경우 DB 또는 DL하중, 철도교의 경우 KRL하중)에 의한 응력

i = 충격계수는 건설기준코드(구 도로교 설계기준, 철도 설계기준)에서 제시한 설계 충격계수를 적용한다.

(나) 공용내하력의 산정

허용응력법에 의한 교량부재의 공용내하력은 다음 식으로 계산한다.

$$\circ \text{ 공용내하력(P)} = K_s \times RF \times P_r$$

$$\text{여기서, } K_s = \text{응답 보정계수} = \frac{\delta_{\text{계산}}}{\delta_{\text{실측}}} \cdot \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}}$$

$$\text{또는 } \text{응답 보정계수} = \frac{\varepsilon_{\text{계산}}}{\varepsilon_{\text{실측}}} \cdot \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}}$$

$i_{\text{계산}}$ = 도로교의 경우 건설기준코드(구 도로교 설계기준),
철도교의 경우 건설기준코드(구 철도 설계기준)

$i_{\text{실측}}$ = 동적재하시험으로부터 평가된 최대 충격계수

P_r = 설계 활하중(도로교의 경우 DB 또는 DL하중, 철도교의 경우 LS하중)

$\delta_{\text{계산}}$ ($\delta_{\text{실측}}$) = 이론적인 처짐량 (실측 처짐량)

$\varepsilon_{\text{계산}}$ ($\varepsilon_{\text{실측}}$) = 이론적인 변형률 (실측 변형률)

2) 강도설계법에 의한 공용내하력 평가

(가) 내하율의 평가

강도설계법에 의한 교량부재의 내하율 산정 시 도로교량 하중조합은 $1.3D+2.15L(1.0+i)$, 철도교량 하중조합은 $1.35D+1.85L(1.0+i)$ 을 사용하므로 하중계수는 각각 도로교량 1.3, 2.15, 철도교량 1.35, 1.85가 된다.

단면강도는 단면의 현재 상태, 즉 재료강도와 단면손실 등을 고려하여 건설기준코드(구 도로교 설계기준, 철도 설계기준)의 공칭강도와 강도감소 계수에 따라 계산한다.

교량 설계시의 부재강도 감소계수는 부재강도의 산정에 있어서 재료강도에 대한 불확실성, 설계와 시공단면의 오차 등을 고려하는 계수이나 내하력 평가 시에는 그러한 불확실성은 상당히 감소하므로 오히려 공용 중에 부재단면의 손상정도에 따라 결정한다.

그러나 부재단면의 손상정도를 정량적으로 평가하기가 어려우므로 공칭강도의 산정 시는 교량의 현재 상태에 따른 단면감소와 코어 강도에 따른 재료강도를 고려하고 강도감소 계수는 설계시의 값을 그대로 사용한다.

고정하중과 활하중에 의한 단면력은 현재 작용하고 있는 고정하중과 현행 건설기준 코드(구 도로교 설계기준)의 설계 활하중(DB 또는 DL하중) 및 건설기준코드(구 철도 설계기준)의 설계활하중(KRL하중)을 사용하여 구조해석을 통하여 구한다.

강도설계법에 의한 내하율은 콘크리트 부재의 내하력 산정에 적용하는 것이 바람직하다.

$$\text{내하율(RF)} = \frac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_l M_l (1+i)}$$

여기서, ϕM_n = 극한 저항모멘트 (강구조물 $\phi = 1$, RC·PC구조물의 휨부재 $\phi = 0.85$)

M_d = 실측 고정하중모멘트

M_l = 설계 활하중에 의한 모멘트

(도로교의 경우 DB 또는 DL하중, 철도교의 경우 KRL하중)

γ_l = 활하중 계수 = 2.15

γ_d = 고정하중 계수 = 1.30

i = 건설기준코드(구 도로교 설계기준)에서 제시한 설계 충격계수를 적용한다.

(나) 공용내하력의 산정

강도설계법에 의한 교량부재의 공용내하력은 다음 식으로 계산한다.

$$\text{공용내하력(P)} = K_s \times RF \times P_r$$

여기서, K_s = 응답 보정계수 = $\frac{\delta_{\text{계산}}}{\delta_{\text{실측}}} \cdot \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}}$

또는 응답 보정계수 = $\frac{\varepsilon_{\text{계산}}}{\varepsilon_{\text{실측}}} \cdot \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}}$

P_r = 설계활하중

(도로교의 경우 DB 또는 DL하중, 철도교의 경우 KRL하중)

3) 한계상태설계법에 의한 공용내하력 평가

(가) 내하율의 평가

내하율은 평가하고자 하는 대상교량에 작용하는 차량활하중 특성에 대해 충분히 검토하고, 안전율에 적용된 설계기준 및 설계법에 따라 다음식으로 계산한다.

$$\circ \text{내하율(RF)} = \frac{R_A - \sum \gamma_{A.D} \gamma_D D_i}{\gamma_{A.L} \gamma_L L(IM)}$$

여기서, $\gamma_{A.D}$ = 평가고정하중 수정계수(허용응력 및 강도설계법 = 1.00)

$\gamma_{A.L}$ = 평가활하중 수정계수(허용응력 및 강도설계법 = 1.00)

γ_D = 평가고정하중 계수

γ_L = 평가활하중 계수

D_i = 실측 고정하중효과

$L(IM)$ = 충격하중효과를 포함한 활하중 효과

IM = 설계기준에 제시된 충격하중 효과

평가저항 수정계수(ϕ_A)와 평가하중 수정계수(γ_A)는 허용응력설계법 및 강도설계법에서는 각 1.00을 적용하는 것으로 원칙으로 하며, 한계상태설계법의 경우 기본적으로 설계기준에 따라 평가(설계수준)를 하기 위해 각 1.00을 적용한다.

한계상태설계법을 적용하여 공용중인 현재 상태에 대한 안전계수들의 불확실성을 반영할 수 있다면 평가저항 수정계수 및 평가하중 수정계수를 통하여 설계수준의 평가에서 공용수준의 평가로 보정할 수 있다. 공용수준으로 평가하기 위해서는 교량의 현 상태의 불확실성을 반영하기 위해 충분한 통계자료와 검증된 방법이 뒷받침 되어야 하므로 이에 대한 면밀한 검토를 수행하여야 한다.

(나) 공용내하력의 산정

공용내하력을 산정하기 위해서는 적용하고자 하는 설계기준의 활하중 모델을 검토하고, 재하시험의 여부에 따라 응답보정계수를 적용한다.

교량부재의 공용내하력은 다음과 같이 계산한다.

$$\circ \text{공용내하력(P)} = K_s \times RF \times P_r$$

$$\text{여기서, } K_s = \text{응답 보정계수} = \frac{\delta_{\text{계산}}}{\delta_{\text{실측}}} \cdot \frac{1 + i_{\text{계산}}}{1 + i_{\text{실측}}}$$

$$\text{또는 } \text{응답 보정계수} = \frac{\varepsilon_{\text{계산}}}{\varepsilon_{\text{실측}}} \cdot \frac{1 + i_{\text{계산}}}{1 + i_{\text{실측}}}$$

$i_{\text{계산}}$ = 설계기준에 의한 충격계수

$i_{\text{실측}}$ = 동적재하시험으로부터 평가된 최대 충격계수

P_r = 설계 활하중(도로교의 경우 DB/DL 하중 또는 KL 하중, 철도교의 경우 KRL하중)

재하시험에 의한 응답보정계수는 동적, 정적, 의사 정적 재하시험을 결과를 종합적으로 검토하여 반영하여야 하며, 만약 신뢰성을 가진 검증된 방법에 의해 교량의 응답을 보정할 수 있다면 면밀한 검토를 통해 반영하여야 한다.

다. 재하시험

1) 일반

재하시험은 실험적인 방법으로 교량의 거동을 해석하는 방법으로서, 정해진 규정에 따라 교량의 탄성거동에 영향을 주지 않는 크기로 결정된 기지의 하중을 교량의 특정 부위에 직접 재하하여 교량을 구성하는 주요 부재들의 실제거동을 관찰 및 계측하는 시험이다.

재하시험의 목적은 교량의 실제 내하력을 정량화시키기 위함이며, 재하시험의 결과는 이론적인 방법으로 평가된 교량의 내하력을 보완하는데 적용된다.

재하시험은 정적 및 동적재하시험으로 구분하여 실시하되 의사정적재하시험을 실시하는 경우에는 정적재하시험을 생략할 수 있다. 재하시험을 시행할 경우에는 시험방법, 시험하중, 계측기기의 운영, 시험원의 자격요건 및 안전조치계획 등을 포함한 신중한 계획이 이루어져야 한다.

내하력평가에서 재하시험의 세부목적은 다음과 같다.

- 교량의 실제 정적 및 동적거동 평가
- 처짐, 진동 등에 대한 사용성 검토
- 새로운 해석방법 및 설계기법의 검증
- 교량의 결함원인의 분석 및 규명
- 해석에 의한 내하력이 작은 경우 실제거동을 반영한 내하력을 결정하여 교량 유지관리의 경제성 향상
- 보수·보강 효과 확인
- 교량의 동특성(진동수, 진동모드 및 감쇠비 및 충격계수)평가
- 설계도서 및 보수·보강 이력자료가 미비한 교량의 내하력평가

2) 재하시험 대상교량 선정

내하력평가 과정에서 재하시험 대상교량은 내하력평가 목적, 교량상태평가 및 선행 구조해석 결과와 다음에 기술한 사항을 종합적으로 고려하여 선정하여야 한다.

(가) 재하시험이 필요한 경우

- ① 설계도서가 충분치 않아 교량의 내하력 및 거동을 이론적인 방법만으로 평가할 수 없는 경우
- ② 교량의 구조계에 변경이 있는 보강을 실시하였거나 일부 부재가 원 설계와 다른 부재로 교체되어 교량의 전체적인 거동을 이론적인 방법만으로 해석하기 어려운 사유가 있는 경우
- ③ 이론적인 방법으로 평가한 교량의 내하력이 관리주체가 정한 관리수준 목표 이하여서 교량의 실제 여유 내하력을 평가하고자 하는 경우
- ④ 교량의 노후화, 구성재료의 전반적인 열화와 주요 부재의 손상 등의 사유로 인하여 이론적인 방법만으로 교량의 정확한 내하력평가가 불가능하다고 판단되는 경우
- ⑤ 최초로 실시하는 정밀안전진단인 경우 교량의 초기 동적특성 등 초기치 확보 측면에서 재하시험을 실시하는 것이 바람직하다. 단 「건설공사 안전관리 업무수행 지침」에 따른 초기점검(이하 “초기점검”이라 한다.)에서 실시한 경우는 제외한다.
- ⑥ 기타 교량의 동적 특성을 평가하고자 하는 경우

(나) 재하시험이 적합하지 않은 경우

- ① 상태평가결과가 양호하고, 이론적인 방법으로 평가한 내하력이 관리수준 목표를 상당히 초과하는 경우
단, 초기점검에서 실시하는 재하시험은 예외로 한다.
- ② 교량의 심각한 노후화 또는 손상이 진행되어 긴급한 보강이 필요한 경우
단, 보강 후에는 필요한 경우 재하시험을 실시하여 보강효과를 확인토록 한다.
- ③ 평가자가 판단할 때 내하력평가에서 재하시험이 불필요한 경우

3) 재하시험 계획

(가) 시험경간 선정

- ① 시험경간은 주형의 손상상태, 신축이음의 상태, 받침상태, 보수 및 보강이력 등을 고려하여 종합적으로 가장 취약하고 최대응답이 발생할 것으로 예측되는 경간을 선택함을 원칙으로 하되 교량 총 연장에 따라 시험경간 개소를 증가시킬 수 있다.
- ② 상부구조가 2개 이상의 형식으로 구성되었거나 연속교와 단순교의 조합으로 구성된 경우, 형식별로 1개 경간을 선정하여 재하시험을 실시하는 것이 바람직하다.
- ③ 단, 주 형식 이외의 나머지 형식이 주 형식의 일부로 분류 가능하거나 손상 및 노후상태, 하부구조상태, 구성비율, 보강이력 등을 고려할 때 재하시험의 필요성이 없는 경우는 예외로 한다.
- ④ 국부적 충돌사고 및 손상, 일부 경간의 보강효과 검증 등 특수한 목적을 위한 재하시험은 예외로 한다.

(나) 계측기 및 센서의 부착

- ① 대상교량의 구조형식 및 계측 목적에 따라 센서 및 계측기의 종류, 부착위치 및 개소수, 재하하중, 시험회수 등을 결정한다.
- ② 계측기와 센서는 압축·인장 휨변형률, 전단변형률, 최대처짐, 진동 및 동적특성, 균열거동 등을 계측하기 위하여 부착한다.
- ③ 4차로 이하 교량의 경우 계측기와 센서의 부착 위치는 시험경간 내 전 거더를 대상으로 하며 4차로 초과인 경우는 예외로 한다.
슬래브교의 경우 시험트럭의 축간거리 간격만큼 이격시켜 전폭에 대하여 계측기와 센서를 부착함을 원칙으로 하며, 특수교량이나 박스교의 경우는 시험목적에 맞게 결정한다.
- ④ 연속교의 경우 하중 영향범위를 고려하여 정·부 모멘트부에 공히 계측기와 센서를 부착하는 것을 원칙으로 한다.
- ⑤ 센서를 부착할 경우 직사광선, 습기, 이물질에 의한 손상 및 간섭을 받지 않도록 방습 및 보호처리를 한다.

(다) 재하하중 선택

- ① 재하하중은 교량의 형식과 설계하중 및 노후정도를 고려하여 하중재하로 인한 계측효과를 충분히 얻을 수 있도록 재하하중을 정하여야 한다. 그리고 전륜/후륜의 축중은 현행법상 과적기준을 초과하지 않으며, 건설기준코드(구 도로교설계기준)의 규정을 벗어나지 않는 범위 내에서 시험 중 중량의 변화가 없는 토사를 적재한 덤프트럭을 사용한다.
단, 교량의 노후 및 손상정도가 심하여 재하시험으로 추가적인 손상이 우려되는 경우는 선행 구조해석을 통하여 시험차량의 중량을 결정하는 것이 바람직하다.
- ② 시험차량은 성능이 양호한 차량을 선택하며, 차량에 대한 제원과 축중을 정확히 파악한다. 4차로 이상의 교량은 2대 이상을 교폭 또는 교축방향으로 동시에 재하시켜 시험하는 것이 바람직하며, 이때 트럭간 총중량의 차이는 최소화하고 가급적 같은 모델의 차량을 사용하는 것이 좋다.
- ③ 우천시에는 우수로 인한 적재물의 중량 증가를 방지할 수 있도록 덮개를 씌우고, 시험 종료후 하중증가가 우려되는 경우 축중을 재측정한다.

(라) 재하시험 계획

- ① 재하시험 시기는 교량의 주변여건, 교통량, 보행자의 안전 등 경제적, 사회적 손실을 고려하여 교통통제의 영향이 적은 시간대를 선정한다.
- ② 우천 시나 대기온도가 계측기의 작동범위를 벗어날 때는 적절한 대책을 마련하지 않는 한 재하시험을 실시하지 않는다.

(마) 안전계획

- ① 재하시험원 및 교통통제원은 주·야간 모두 육안으로 식별이 가능한 복장을 착용한다.
- ② 차량의 안전운행을 위하여 각종 교통통제용 안전간판, 비상조명등, 보조장비를 설치하여 운영한다.
- ③ 재하시험 종료 후 부분적으로 훼손된 교량표면을 원상 복구한다.

4) 정적재하시험

정적재하시험은 센서의 부착, 측정장비와 센서의 연결, 측정장비 및 센서의 점검, 시험차량의 중량 및 제원확인, 재하위치 표시, 교통통제 등이 완료되면 시작하도록 한다.

정적재하시험은 다음과 같은 목적에 따라 정적처짐 또는 정적변형율을 측정한다.

- 중립축 위치 판단
- 하중의 횡분배
- 주형과 바닥판과의 합성 작용
- 부재의 강성
- 응력 및 처짐의 영향선
- 계산응력과 측정응력의 비교

(가) 시험방법

- ① 재하시험은 재하차량 이외에 일반차량이 완전히 통제된 상태에서 실시한다.
- ② 재하경우별로 시험경간에 재하차량을 포함한 활하중이 전혀 재하되지 않은 상태에서 재하경우마다 0점 조정을 실시하여 시험결과를 정리할 때 반영토록 한다.
- ③ 상부구조의 진동, 소음, 충격 등이 측정결과에 영향을 미칠 수 있으므로 시험차량은 시동을 끈 후 구조체의 응답시간을 고려하여 약 1분 정도의 측정대기 시간을 가진 후 측정하는 것이 좋다.
- ④ 재하경우별로 2회 이상 반복측정을 실시하는 것이 바람직하다.
- ⑤ 활하중 재하위치는 설계조건, 차로조건을 고려하여 계측 대상부재에 최대응답이 발생하도록 결정하고, 대칭성과 중첩성을 확인할 수 있는 재하조건을 적어도 1회 이상 실시하는 것으로 한다.
- ⑥ 전면 교통통제에 따른 차량지체가 예상되고, 교통사고의 가능성이 높은 경우에는 재하횟수를 합리적으로 줄여서 시행할 수 있으며, 재하차량을 차로별로 주행시켜 시험하는 의사정적 재하시험을 수행할 수 있다.

(나) 정적처짐

정적처짐의 측정위치는 대상교량의 규모와 재하시험의 목적에 따라 결정한다.

각 주형의 지간 중앙부에는 반드시 측점을 설치하고 필요에 따라 경간의 1/4지점, 3/4지점 (또는 1/3지점, 2/3지점) 등 측정수를 증가 시킨다.

(다) 정적변형률

정적변형률의 측정위치는 대상교량의 구조적 특성과 재하시험의 목적에 따라 결정한다.

5) 동적재하시험

교량의 동적재하시험은 크게 두 가지로 분류할 수 있다.

시험차의 주행에 따른 동적응답으로부터 실제 교량의 충격계수 및 진동평가를 위한 시험과 교량의 동적 특성을 구하기 위한 시험이 있다.

(가) 차량 주행시험

- ① 특수한 목적을 제외하고 동적재하시험은 재하차량 이외에 일반차량이 완전히 통제된 상태에서 실시한다.

- ② 정적재하시험용 계측기와 동적재하시험용 계측기가 상이한 경우 계측기의 측정 오차를 검정하기 위하여 동적재하시험용 계측기를 사용하여 정적재하시험과 동일한 1개 재하 경우를 선택하여 정적재하시험을 실시한다.
- ③ 시험차량의 주행속도는 상행차로과 하행차로에서 각각 최저 10km/h에서부터 현장여건상 가능한 최대 주행속도까지 10km/h 간격으로 속도를 증가시키면서 교량의 동적응답신호를 측정한다.
- ④ 측정결과를 이용하여 교량의 충격계수, 동적변형률, 가속도, 진동주기, 고유 진동수에 따라 사용성 측면에서의 교량진동 특성을 분석한다.
- ⑤ 동적주행시험 결과로부터 산정된 실측충격계수가 『도로교설계기준』에서 규정한 충격계수의 적용한계($i = 0.3$)를 초과하는 경우에는 원인을 분석하여야 한다.
- ⑥ 무손상인 경우 측정 고유진동수가 해석 고유진동수를 다소 상회하는 경우가 일반적이며, 차이가 큰 경우 해석 모델 재검토를 통해 원인 분석을 하여야 한다.

(나) 동적특성 시험

- ① 교량의 동적특성 즉 고유진동수, 감쇠율, 모드형상을 구하는 시험으로써 상시 미진동, 주행차량에 의한 진동, 가진기에 의한 진동 등을 가속도계 및 변위계로 측정하는 시험이다.
- ② 장대교의 경우 내진안전도, 내풍안전도를 평가함에 있어 대상교량의 동특성이 기본자료로 활용되며 공용중인 교량에서 기간 경과에 따른 동특성의 차이는 교량의 손상정도를 평가하는데 사용될 수 있다.

6) 의사정적재하시험

의사정적재하시험은 동적재하시험과 마찬가지로 차량주행시험을 실시하여 계측된 응답파형으로부터 정적응답을 간접적으로 유추하는 재하시험 방법으로서 동적 측정장비를 이용할 수 있고 정적재하시험에 비하여 차량통제가 용이하기 때문에 재하시험 시간을 단축할 수 있는 장점이 있다.

따라서 의사정적재하시험은 평가대상 교량의 현장여건, 교통량 등을 감안하여 차량의 전면교통통제를 실시하는 것이 바람직하지 않다고 판단될 때 실시하도록 한다.

의사정적재하시험은 다음과 같은 요령으로 실시한다.

- ① 시험대상 교량에 정적재하시험과 같은 요령으로 재하경우별로 재하위치를 표시한다.
- ② 시험대상 교량 전후방에 신호 및 교통통제요원을 배치하고 차량의 통행이 없는 시기에 시험차량을 교량으로 유도하여 재하위치를 통과하도록 한다.
- ③ 차량의 통행이 없는 시기를 확보하기 곤란한 경우에는 시험차량의 전후방에 주행유도 차량을 운행하여, 시험차량이 평가대상교량을 통과할 때까지 다른 차량의 교량진입을 통제한다.
- ④ 의사정적재하시험에서 시험차량의 속도는 약 10km/h 이내의 속도를 유지하도록 한다.
- ⑤ 의사정적시험에서 계측된 데이터에서 동적효과를 제거하여 정적효과를 구한다.

라. 세굴에 대한 안전성평가

교량의 안전성능에 영향을 주는 모든 하부구조 부재의 불안정한 흔적에 대하여 특별히 관리를 하여야 하며, 하부구조의 평가는 정확한 공학적 판단 하에 실시한다. 하부구조물의 적정성 여부는 준공도면, 시공도면, 구조계산, 평가결과 및 기타 적절한 자료와 세굴조사 결과를 토대로 한다.

교각 및 교대를 포함한 하부구조는 상부구조를 지지할 수 있는 최소한의 안전성능 확보 유무가 평가되어야 하며, 우물통과 교각기초 사이의 거동, 기초가 암반에 근입된 상태, 교대의 부등침하, 전방이동 등을 고려해야 한다.

하천(해상)을 횡단하는 공용중인 교량에 대한 세굴을 포함한 기초안전성 평가방법은 세굴조사 기반 평가 및 세굴심 검토와 기초지반의 안전성을 검토하는 2단계의 평가 절차를 적용한다.

1단계 평가의 경우, (1) 기초의 형식, (2) 지반의 종류, (3) 지반 및 세굴상태, 세굴심 검토 (4) 보호공의 상태를 검토하여 “a~e”로 판정하고, 판정의 근거가 되는 조사자료 등을 제시하여야 한다.

기초의 형식(우물통기초)과 지반의 종류(암반)인 경우, 세굴 저항성과 안정성 검토 결과가 충분히 입증되는 경우는 “a”로 판정한다.

[표 1.35] (1) 기초 형식 및 (2) 지반 종류에 따른 등급판정

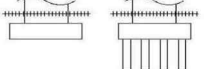
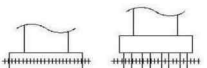
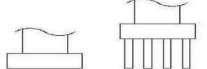
기초 및 지반	등급 판정 기준	등 급
기초 형식	우물통 기초인 경우 ¹⁾	a
지반 종류	지반이 암반인 경우 ¹⁾	a
세굴 저항성과 안정성 검토 결과가 충분히 입증되는 경우	a	

주1) 기초의 하단부가 세굴 등에 의해 지반과 맞닿아 있지 않은 경우 2단계(기초안전성) 평가를 실시하고 그 결과에 따라 등급을 지정하며, 지반조건 변화가 반영된 값에 대해 구조해석을 실시하는 경우 선택과업으로 실시한다.

이에 해당되지 않는 경우에는 (3) 지반 및 세굴 상태, 세굴심 검토에 따른 등급판정에 따라 “a~e”로 판정한다.

구조적 손상이나 진행 중인 세굴이 확인되는 경우에는 추가적인 검토를 진행하여야 하며 상향 보정 시 설계·시공 자료, 조사·시험 결과 등 객관적 근거를 명시하여야 한다.

[표 1.36] (3) 지반 및 세굴 상태, 세굴심 검토에 따른 등급판정

등 급	지반 및 세굴 상태	세굴심 검토	비고
a	기초상단보다 위 (0%)	세굴심도가 기초상단보다 높을 경우	
b	기초 또는 말뚝 상단 일부 노출 (1~30%)	세굴심도가 기초 또는 말뚝 사이에 있을 경우	
c	기초 또는 말뚝 깊이내 (31~70%)	—	
d	기초 또는 말뚝 하단 일부 노출 (71~100%)	—	
e	기초 또는 말뚝 하단보다 아래 (100% 초과)	세굴심도가 기초 또는 말뚝 하단보다 낮을 경우	

“a”와 “e”는 해당등급으로 판정하고, 이를 제외한 “b~d”는 (4)보호공 상태에 따른 등급판정에 따라 등급을 보정하여 판정한다.

[표 1.37] (4) 세굴보호공 상태에 따른 등급판정

보호공 상태	등급 판정 기준	등급 보정
상	적정 세굴보호공이 설치되어 있으며 세굴보호공이 원래 기능을 충분히 수행 중인 상태	한 등급 상향
중	세굴보호공이 설치되어 있으나 설계기준을 만족하지 못하는 상태 또는 손상 또는 기능 저하로 부분적으로 기능 유지중인 상태	등급 유지
하	세굴보호공이 없거나 기능이 사실상 상실된 상태	한 등급 하향

※ 책임기술자는 유속, 교량의 형상, 사석의 크기 등을 고려하여 적정 보호공의 설치여부를 판단할 수 있다.

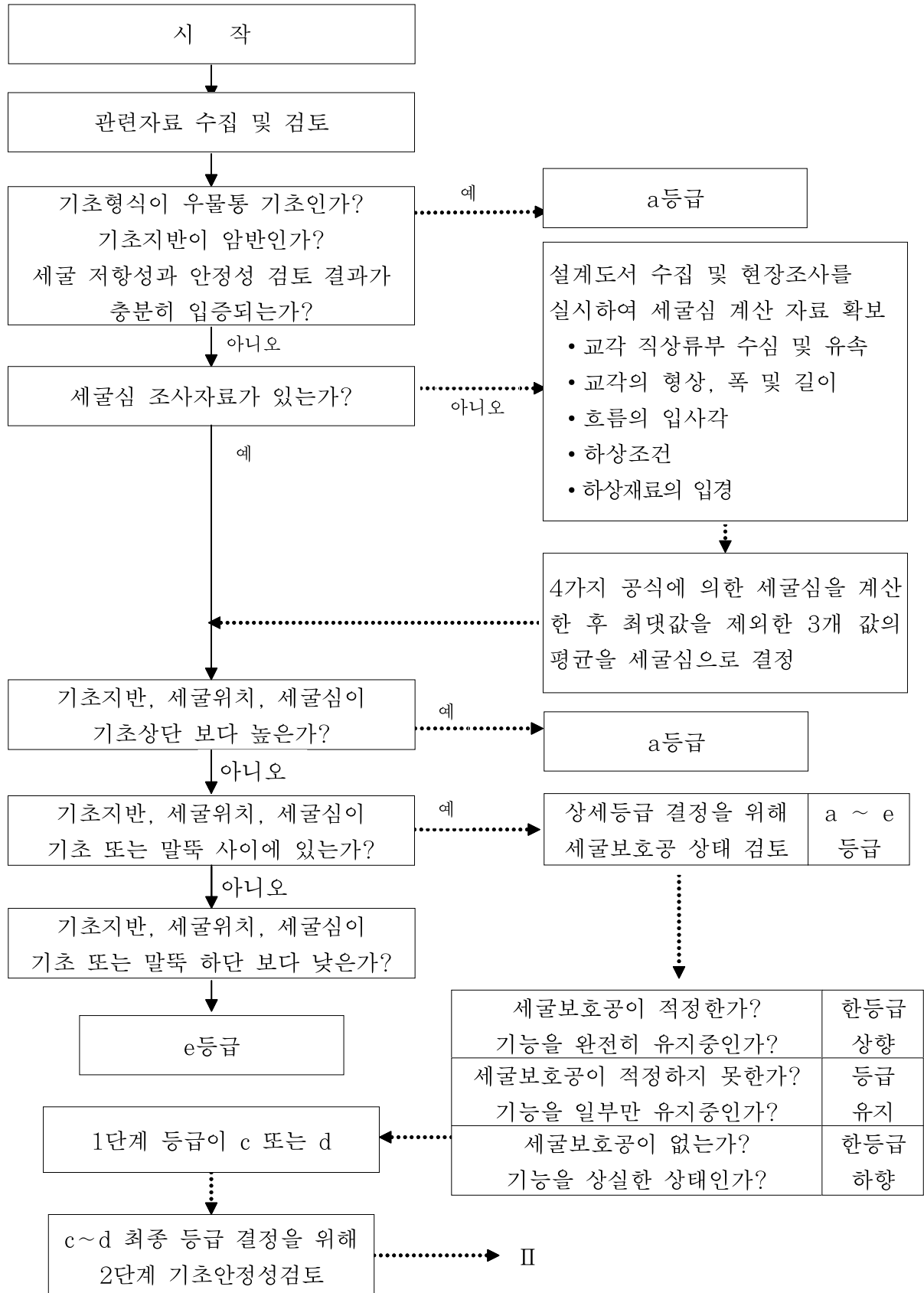
(4) 세굴보호공 상태를 적용한 등급판정에 따라 “c~d”로 판정되는 경우 구조해석 결과에 따라 안전율을 확보한 경우는 특별한 안전조치가 필요하지 않는 안전에 지장이 없는 상태이므로 등급 “c”로, 안전율을 확보하지 못한 경우 세굴방지공 설치 등의 긴급한 보수·보강 조치가 필요하므로 등급 “d”로 구분한다.

또한 교량기초는 기초형식에 따라 지지력, 전도, 활동에 안정하여야 하며 기초의 변위량은 허용변위량을 초과하지 않아야 한다.

[표 1.38] 기초의 안전성능 평가기준

기준	1단계 평가에 의한 등급	2단계(기초안전성)
a	○ 1단계 평가 결과가 'a'	—
b	○ 1단계 평가 결과가 'b'	—
c	○ 1단계 평가 결과가 'c' 또는 'd'	○ 기초 지지력 확보 $S.F. \geq 1.0$ ○ 허용변위량 이내일 경우
d		○ 기초 지지력 부족 $S.F. < 1.0$ ○ 허용변위량을 초과할 경우
e	○ 1단계 평가 결과가 'e'	—
< 해 설 > ○ 1단계 검토 중 세굴심도 계산은 건설기준코드(구 하천설계기준, 도로교설계기준) 등 관련 설계기준을 참고하여 수행함. ○ 2단계(기초안전성) 평가의 기초지지력은 기초형식별로 건설기준코드(구 도로교설계기준) 등 관련 설계기준을 참고하여 책임기술자의 판단에 따라 산정할 수 있음. ○ 2단계(기초안전성) 평가의 실시가 곤란한 경우 책임기술자의 판단에 따라 1단계 검토에 의한 구조안전성능결과를 산정할 수 있음. ○ 지지력의 안전율($S.F.$) = 지반의 허용지지력/작용응력 ○ 기초형식별 허용변위량은 건설기준코드(구 도로교설계기준, 구조물 기초 설계기준) 등 관련 설계기준을 참고하여 결정함.		

① 1단계 지반, 세굴, 세굴심 평가



[그림 1.3] 1단계 지반, 세굴, 세굴심 결과 산정 방법

1.5.4 안전성평가결과 산정 방법

가. 안전성평가결과 산정

평가대상 교량에 대하여 안전성 평가를 실시한 후 그 결과를 비교하여 최저등급을 평가 결과로 결정한다.

나. 안전성평가결과 산정 방법

평가대상 교량에 대하여 안전성평가 산정 절차는 다음과 같다.

교량의 안전성평가결과 = Min(구조안전성, 기초안전성)

※ 하천을 횡단하는 교량(해상교량 포함)의 경우 구조안전성평가와 기초안전성평가를 실시하여 둘 중 최저등급으로 결정한다.

1.6 종합평가기준 및 방법

1.6.1 종합평가기준

시설물의 상태평가와 안전성평가를 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태평가결과와 안전성평가 결과를 종합적으로 비교·검토하여 그 시설물에 대한 종합평가를 결정한다.

1.6.2 종합평가결과 산정 방법

가. 정밀안전점검

정밀안전점검 시 안전성평가를 수행하지 않고 상태평가 만을 수행한 경우는 상태평가 결과를 해당시설물의 종합평가결과로 하며, 안전성평가까지 모두 수행한 경우 상태평가 결과와 안전성평가 결과 중 낮은 결과를 시설물의 종합평가결과로 결정한다.

나. 정밀안전진단

외관조사에 따른 상태평가결과와 안전성 검토에 근거한 안전성평가결과 중 낮은 결과를 시설물의 종합평가결과로 결정한다.

○ 종합평가결과 = *MIN* (상태평가결과, 안전성평가결과)



[그림 1.4] 종합평가결과의 산정흐름도

1.7 보수·보강 방법

교량 시설물의 주요 보수·보강 방법을 소개하면 다음과 같다.

1.7.1 콘크리트 구조물의 손상에 대한 일반적인 보수·보강공법

- 표면보호공법
- 단면보수공법
- 강판접착공법
- 콘크리트 덧붙이기공법

1.7.2 프리스트레스 콘크리트 구조물의 손상에 대한 일반적인 보수·보강공법

- 충전공법
- 교체공법
- 프리스트레스 도입공법
- 재료 시험 부위 복구 공법